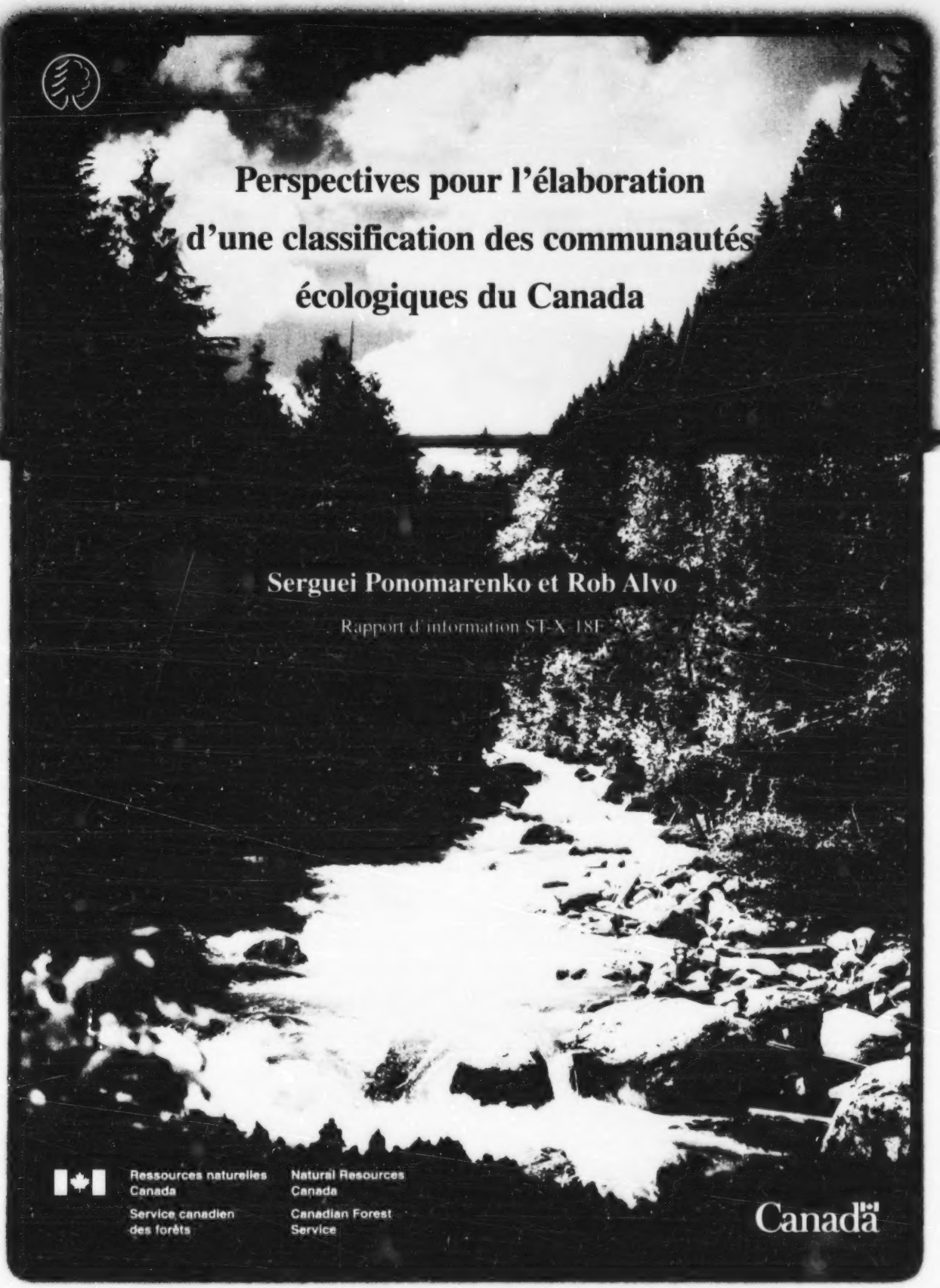

Perspectives pour l'élaboration d'une classification des communautés écologiques du Canada

Serguei Ponomarenko et Rob Alvo

Rapport d'information ST-X-18F

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Canada

101-03195/

Perspectives pour l'élaboration d'une classification des communautés écologiques du Canada

Serguei Ponomarenko et Rob Alvo

Patrimoine canadien, Parcs Canada
Direction de l'intégrité écologique
Hull (Québec)

Rapport d'information ST-X-18F

Publié par

Direction générale des sciences
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
Ottawa, 2001

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001
N° de cat. Fo29-33/18-2001F
ISBN 0-662-85448-9

Exemplaires de cette publication disponibles gratuitement auprès de :
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Ottawa (Ontario)
Canada K1A 0E4

Tél. : (613) 947-7341

This publication is also available in English: *Perspectives on Developing a Canadian Classification of Ecological Communities*.

Copies ou microfiches de cette publication en vente chez :
Micromedia Ltée
240, rue Catherine, bureau 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8

Tél. : (613) 237-4250; 1 800 567-1914

Production : Paula Irving
Révision : Jean Chamberland
Conception et mise en page : Sandra Bernier
Traduction : Bureau de la traduction, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Ponomarenko, Serguei

Perspectives pour l'élaboration d'une classification des communautés écologiques du Canada

(Rapport d'information; ST-X-18F)
Publ. aussi en anglais sous le titre : Perspectives on Developing a Canadian Classification of Ecological Communities.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-85448-9
N° de cat. Fo29-33/18-2001F

1. Écosystèmes—Canada—Classification.
2. Écosystèmes—Classification—Normes.
3. Végétation—Canada—Classification.
I. Alvo, Robert, 1959-.
II. Service canadien des forêts. Direction des sciences.
III. Titre.
IV. Rapport d'information (Service canadien des forêts. Direction des sciences); ST-X-18F.

QH106.P66 2001 577.8'2'012 C00-980434-XF

Ce projet a reçu l'appui de Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs, et de Patrimoine canadien, Parcs Canada, Direction de l'intégrité écologique.

Photo de la couverture : Conifères le long de Coffee Creek, près de Nelson en Colombie-Britannique. (Archives de la Forêt expérimentale de Petawawa)

Imprimé sur du papier recyclé

IMPRIMÉ AU CANADA

Imprimé sur du papier alcalin permanent

Table des matières

Remerciements 5
Résumé 5
Introduction 5

1. La science de la classification — aperçu général 7
1.1 Classification classique ou basée sur les éléments 7
1.2 Division 7
1.3 Distinction entre classification et division 11
1.4 Ordination 11
1.5 Classification basée sur les éléments, cartographie et légende 11

2. La terminologie en écologie 11
2.1 Unités de classification 11
2.2 Classe et objet de classification 14

3. Grands courants de la classification des écosystèmes 14
3.1 Une classification des classifications 14
3.2 Deux grandes traditions scientifiques pour classer les écosystèmes ... 14
3.3 Les classifications 15
3.4 Les divisions 15
3.5 Pourquoi choisir la végétation pour classifier les communautés naturelles terrestres? 15
3.6 Végétation existante ou potentielle? 15

4. Grands courants de la classification des communautés végétales .. 15
4.1 Classifications physionomiques 16
4.2 Approche floristique 16
4.3 Classifications d'après la dominance structurale 17
4.4 Classifications phytotopologiques 18
4.5 Approche de l'ordination 19
4.6 Approche d'ordination et classification de Ramensky 20
4.7 Classifications composites 20

5. Classifications canadiennes 24
5.1 Classification écologique du territoire (CET) 24
5.2 Systèmes de régionalisation écologique provinciaux 25
5.3 Autres divisions écologiques du territoire 25
5.4 Système canadien de classification de la végétation (SCCV), Première approximation 26

5.5 Classification des terres humides du Canada 26
5.6 Classifications canadiennes des sols 27
5.7 Inventaires forestiers 27
5.8 Inventaires de la végétation dans les parcs nationaux 27
5.9 Projets de cartographie de la végétation dans le Nord du Canada 27
5.10 Classifications écologiques des forêts (CEF) 27
5.11 Analyse structurale des classifications des écosystèmes forestiers 33
5.12 Classifications des centres canadiens de données sur la conservation .. 38
5.13 Terminologie de la classification au Canada 38

6. Élaboration d'une classification nationale normalisée des communautés écologiques pour le Canada 38
6.1 Besoin d'une classification nationale normalisée des communautés écologiques au Canada 38
6.2 Structure proposée de la Classification des communautés écologiques du Canada (CCEC) 39
6.3 Les communautés naturelles aquatiques et la CCEC 39
6.4 Autres moyens de représenter les communautés écologiques 39
6.5 Comment la classification classique (CCEC) et la régionalisation (CET) se complètent-elles? 39
6.6 Système terrestre de la CCEC : la Classification nationale de la végétation du Canada (CNVC) 42
6.7 Conclusion : Proposition d'utiliser le système de l'ICEC comme modèle pour la Classification nationale de la végétation du Canada ... 45
6.8 Les projets de cartographie et la CNVC 46
6.9 Considérations relatives aux données 46

7. Bibliographie 48

Remerciements

Nous sommes profondément reconnaissants envers tous ceux qui nous ont fourni information et conseils. En particulier, nous tenons à remercier de leur aide inestimable : Nikita Lopoukhine, directeur, Direction de l'intégrité écologique, Parcs Canada; Dennis Grossman, écologiste en chef et expert scientifique en chef par intérim, Association pour la diffusion de l'information sur la biodiversité et The Nature Conservancy; Ole Hendrickson, conseiller supérieur en matière de biodiversité, Bureau de la Convention sur la biodiversité et William Meades, directeur, Écologie forestière, Centre de foresterie des Grands Lacs, Service canadien des forêts. L'appui et les encouragements qu'ils nous ont offerts dès le départ ont été déterminants pour le succès de cette initiative.

De nombreuses personnes nous ont également apporté une aide technique et directionnelle capitale, soit : Lorna Allen, Centre d'information sur le patrimoine naturel de l'Alberta; Ken Baldwin, Service canadien des forêts; Wasyl Bakowsky, Centre d'information sur le patrimoine naturel de l'Ontario; Sean Blaney et Kate Bredin, Centre de données sur la conservation du Canada atlantique; Ryan Brook, University of Manitoba; Adolf Ceska, Centre de données sur la conservation de la Colombie-Britannique; Doug Clark, David Henry, Claude Mondor, David Murray, David Welch et Stephen Woodley, Parcs Canada; Vincent Gerardin, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec; Ann Gerry, Centre de données sur la conservation de la Saskatchewan; Jason Greenall, Centre de données sur la conservation du Manitoba; Patricia Roberts-Pichette, Réseau d'évaluation et de surveillance écologiques; Arlin Hackman et Tony Iacobelli, Fonds mondial pour la nature (Canada); Guy Jolicoeur, Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec; Don Faber-Langendoen, Association pour la diffusion de l'information sur la biodiversité et The Nature Conservancy; Colin Maxwell, Fédération canadienne de la faune; Del Meidinger, ministère des Forêts de la Colombie-Britannique; Don McAllister, Ocean Voice International; Sebastian Oosenbrug et Lana Robinson, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest; Clayton Rubec, Service canadien de la faune; Jean-Pierre Saucier, ministère des Ressources naturelles du Québec; Scott Smith et Ted Weins, Agriculture Canada et Greg Thompson, Bureau de la Convention sur la biodiversité.

Le projet a reçu jusqu'à présent des appuis financiers et autres de Patrimoine Canada (Parcs Canada), de Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts) et du Fonds mondial pour la nature (Canada).

Merci à tous.

Résumé

Au cours des dernières décennies, la nécessité de conserver et de gérer la biodiversité à l'échelle nationale, infranationale et internationale est devenue de plus en plus évidente. En découle un autre besoin d'ordre pratique : établir des classifications nationales et internationales des communautés écologiques. Dans ce contexte, il est plausible que, très prochainement peut-être, de nombreux pays et organismes internationaux s'associent pour élaborer une classification mondiale des communautés écologiques.

Actuellement, la classification des communautés écologiques sur le plan international progresse rapidement sur deux fronts. Le premier est situé en Europe et en Asie et s'étend maintenant à 25 pays. Le deuxième se trouve en Amérique du Nord où une organisation non gouvernementale internationale, l'Association pour la diffusion de l'information sur la biodiversité, élabore l'International Classification of Ecological Communities (ICEC). Dans le cadre de ces travaux, seule la classification de la partie terrestre des États-Unis (l'U.S.-National Vegetation Classification ou US-NVC) est bien établie; les parties portant sur les communautés dulcicoles, marines/estuariennes et souterraines sont en développement. L'ICEC est appliquée progressivement aux États-Unis, au Canada, au Mexique et dans certains pays des Caraïbes (Jamaïque, Puerto Rico et Cuba). On a également commencé à l'appliquer dans certains pays d'Amérique latine. Récemment, le gouvernement des États-Unis a adopté l'US-NVC comme norme devant être utilisée par tous les organismes fédéraux.

Nous croyons que le Canada a également besoin d'une classification nationale des communautés écologiques qui englobe tous les types de communautés biotiques (terrestres, souterraines, dulcicoles et marines). Ayant établi cette classification, il serait mieux représenté dans les travaux visant une classification classique d'envergure mondiale. La première étape devrait être la classification nationale de la végétation du Canada (CNVC). Plus de 50 classifications locales d'écosystèmes sont déjà établies et peuvent servir de point de départ.

Dans les sections 1 à 5, nous passons en revue différentes classifications qui existent à l'échelle internationale et au Canada. Dans la section 6, nous présentons nos opinions personnelles concernant l'élaboration d'une classification canadienne des communautés écologiques et d'une classification nationale de la végétation du Canada. Nous examinons les rapports possibles entre la CNVC proposée et des classifications déjà élaborées au Canada. Nous concluons en recommandant l'adoption du modèle de l'ICEC pour l'élaboration de la CNVC. L'ICEC étant déjà beaucoup utilisée au Canada, son adoption favoriserait la création d'une classification commune à l'échelle du continent.

Introduction

La dernière décennie a bouleversé mondialement les attitudes à l'égard de la conservation de la nature. À la vision vaguement définie de la préservation de la « nature vierge » est venu se greffer le concept du développement durable, qui comporte de nombreux

aspects, mais enseigne, concernant la biodiversité, que la conservation et l'utilisation de la biodiversité sont intimement liées.

Conservation de la biodiversité

La Convention sur la diversité biologique, signée en 1992 lors du sommet mondial tenu à Rio de Janeiro au Brésil, a ouvert la voie à une nouvelle ère où la conservation de la biodiversité n'est plus seulement une obligation morale pour ceux qui le veulent bien, mais une obligation juridique internationale imposant certaines responsabilités à tous les pays. La conservation de la biodiversité a été reconnue comme l'un des grands défis auxquels doit s'attaquer l'humanité mondialement, nationalement, régionalement et localement (Convention sur la diversité biologique, 1992).

La diversité biologique comporte trois aspects (Mosquin *et al.*, 1995) :

- la diversité des espèces;
- la diversité génétique, désignant généralement les variations génétiques au sein de chaque espèce;
- la diversité des écosystèmes, ou diversité des groupements d'espèces adaptés à vivre ensemble.

La préservation de la diversité des écosystèmes constitue moins du tiers des efforts requis pour conserver la biodiversité. Sur les 30 à 50 millions d'espèces qui seraient présentes sur la Terre, seulement 1,75 million ont été nommées et classifiées (Wilson, 1992). Actuellement, la plupart des espèces ne peuvent être suivies à l'échelle de l'espèce, et leur préservation est encore plus difficile. Dans ces circonstances, pour préserver les trois composantes de la diversité biologique, l'écosystème apparaît comme un élément critique. On peut penser, en effet, qu'en préservant un nombre suffisant de types d'écosystème différents, nous donnons du même coup à la plupart des espèces, y compris celles qui sont encore inconnues, une bonne chance de survivre. Néanmoins, des mesures particulières demeureront nécessaires dans le cas de certaines espèces.

Utilisation de la biodiversité

Nos activités dans beaucoup de sphères, comme la chasse, la foresterie, l'agriculture et certaines parties de la médecine, sont directement liées à l'utilisation de la biodiversité. Nous avons des activités qui influent indirectement sur elle, en altérant des communautés naturelles, en favorisant certaines espèces et en faisant peser sur beaucoup d'autres la menace de l'extinction; elles constituent aussi une partie importante du problème. L'automobile, par exemple, est consommatrice de biodiversité à de nombreux égards. L'extraction du pétrole, les déversements d'hydrocarbures, la construction de routes qui lui sont associés représentent de très sérieux facteurs de risque pour les composantes de la biodiversité. Au cours du dernier siècle, l'extinction d'espèces a été causée surtout par des influences indirectes, et le processus s'accélère. Il devient de plus en plus évident que les mesures de conservation traditionnelles ne sont pas suffisantes pour préserver la biodiversité. Les humains doivent changer de nombreux aspects de leurs activités et prendre des mesures spéciales afin de gérer et de restaurer la biodiversité. La restauration écologique est un secteur d'activité qui récemment a connu une croissance rapide. « Gestion de la biodiversité » est probablement le terme qui décrit le mieux nos activités visant à préserver la biodiversité.

Pour s'attaquer mondialement à la tâche de préserver la diversité des écosystèmes, il faut des outils scientifiques et des outils de gestion, comme des classifications pour la biodiversité à l'échelle de l'écosystème. Les classifications des écosystèmes fournissent :

- un vocabulaire commun pour désigner uniformément les écosystèmes;
- un outil pour analyser et évaluer l'état des écosystèmes et suivre leur évolution, ce qui représente une activité très importante pour la prise de décision dans divers domaines;
- un outil pour mettre au point des techniques de gestion qui peuvent être généralisées à partir d'un écosystème à toute une classe d'écosystèmes.

Jusqu'à présent, la plupart des classifications des écosystèmes ont été élaborées dans un contexte scientifique et elles ont surtout été appliquées dans le domaine scientifique; leur champ d'application peut toutefois être beaucoup plus large.

La gestion de la biodiversité est devenue une activité de plus en plus courante des gouvernements à différents niveaux conformément aux responsabilités qui leur sont conférées par les lois et les conventions internationales et nationales. Il s'agit d'un changement important, et des classifications normalisées sont nécessaires pour prioriser et comparer les efforts de différentes entités territoriales. La Commission de la gestion des écosystèmes de l'Union mondiale pour la nature (UICN), dans l'une de ses dernières initiatives portant sur un cadre mondial pour l'évaluation de l'état des écosystèmes et la facilitation de leur gestion intégrée (1998), propose d'offrir des outils scientifiquement rigoureux et objectifs pour : (i) évaluer et surveiller l'état des écosystèmes; (ii) planifier et gérer selon une approche écosystémique. Toutefois, elle ne précise pas quelle(s) classification(s) utiliser, ni s'il faut en élaborer une.

Le Canada ne dispose pas actuellement de classification normalisée des écosystèmes qui peut s'appliquer à la fois à l'échelle fine des communautés naturelles et à une plus grande échelle dans tout le pays.

Objectifs

Le présent rapport a quatre objectifs :

- proposer une approche pour l'élaboration d'une classification des communautés écologiques du Canada (CCEC) s'appliquant dans un large éventail de domaines touchant la biodiversité;

- présenter différentes approches de classification dans l'optique d'en recommander une pour l'élaboration d'une classification nationale de la végétation du Canada (CNVC), qui constituerait la première portion de la CCEC;
- considérer les liens pouvant être établis entre les classifications canadiennes existantes et la classification normalisée proposée de la végétation;
- analyser les classifications régionales canadiennes existantes des écosystèmes forestiers en vue de proposer une méthode pour élaborer une classification canadienne de ces écosystèmes qui serait totalement compatible avec la CNVC.

1. La science de la classification — aperçu général

La classification est un moyen d'organiser suivant un ordre compréhensible la totalité des éléments ou des variétés de phénomènes. Ses principales fonctions sont de trier et de regrouper les éléments classifiés (Hempel, 1964).

L'une des difficultés en classification est l'interprétation ambiguë de nombreux termes. Nous nous appliquerons donc à en définir un certain nombre. Selon Dunnel (1994), la classification peut être considérée comme un type spécial de phénomène plus large et plus inclusif que l'on peut appeler « arrangement », à défaut d'un meilleur terme; l'arrangement peut s'entendre de toute activité qui établit un ordre, de toute méthode qui crée un ensemble d'unités.

Nous examinerons dans ce rapport plusieurs types d'arrangements : la classification classique, la division et l'ordination.

1.1 Classification classique ou basée sur les éléments

La classification, selon Dunnel (1994), est limitée au domaine conceptuel et s'entend de la création d'unités de sens en définissant des redondances (classes).

Toute classification classique présente les caractéristiques suivantes :

1. existence d'éléments auxquels elle peut s'appliquer;
2. schéma définissant un certain nombre de classes (organisées hiérarchiquement dans le cas de la classification hiérarchique);
3. critères pour différencier les classes;
4. répartition des objets, ou éléments, de la classification entre différentes classes d'après les critères établis. (Dans certains cas, une décision arbitraire est requise dans l'application des critères, mais des critères sont toujours appliqués.)

Le terme « classification » a deux sens. Le premier, auquel sont associées les caractéristiques 2 et 3, est celui de structure comportant différentes classes avec des critères pour les distinguer.

Le deuxième sens se rapporte au processus de répartition des objets classifiés entre les différentes classes.

Les figures 1 et 2 font ressortir les deux sens du terme « classification » pour la classification classique. La figure 1 présente la classification en tant que structure (correspondant aux caractéristiques 1, 2 et 3). La figure 2 montre un processus de classification (correspondant à la caractéristique 4). Les termes « taxonomie » ou « taxinomie » (employés en classification des espèces biologiques) et « typologie » (employé parfois en sciences naturelles) sont des synonymes de « classification ». Nous utiliserons l'expression « classification basée sur les éléments », qui fait ressortir l'existence d'éléments dans ces classifications, comme synonyme de « classification classique ».

1.1.1. Objet, élément et classe

En classification, ces trois termes sont très importants et doivent être définis. L'objet de la classification est un objet qui appartient au monde réel, un objet précis. La classe est un concept générique reflétant certaines caractéristiques essentielles de l'objet selon les critères qui la définissent et qui la différencient des autres. Les classes correspondent aux unités de la classification à tous les niveaux hiérarchiques. Les éléments, ou unités élémentaires, sont les classes du niveau hiérarchique le plus bas d'une classification. Par exemple, « la maison » est un objet du monde réel comportant des paramètres innombrables mais qui ne se sont pas tous essentiels pour sa reconnaissance en tant que « maison ». Dans la classification des maisons, il peut y avoir plusieurs niveaux hiérarchiques avec différentes classes pour chacun, mais il n'y a pas de niveau inférieur à celui de la maison. Une maison est une classe du niveau le plus bas, un élément de cette classification. De même, dans la classification de Linné, les espèces sont des éléments, et une plante particulière poussant à un endroit précis est un objet de la classification. Dans la classification de la végétation de Braun-Blanquet (1921), les associations *Rhodobryo–Piceetum asperuletosum* et *Agropyretum* représentent des éléments ou des classes du niveau le plus bas, tandis que les peuplements faisant partie de ces associations sont des objets de la classification.

Par ailleurs, le terme « classe » est aussi parfois utilisé dans un sens plus restreint pour désigner un niveau hiérarchique précis, dans la classification des espèces.

1.2 Division

La division est un autre type d'arrangement. Elle découpe une entité spatiale en différentes parties selon certains critères, mais n'établit pas de classes et n'a donc pas de schéma composé de classes. Une carte politique du monde fournit un exemple d'une division. Les pays représentent des portions de la surface de la Terre. Aux niveaux hiérarchiques inférieurs, ils peuvent être subdivisés en provinces et en circonscriptions. Il n'y a pas de classes – chaque partie se définit par ce qu'elle est. Par contre, si on décide

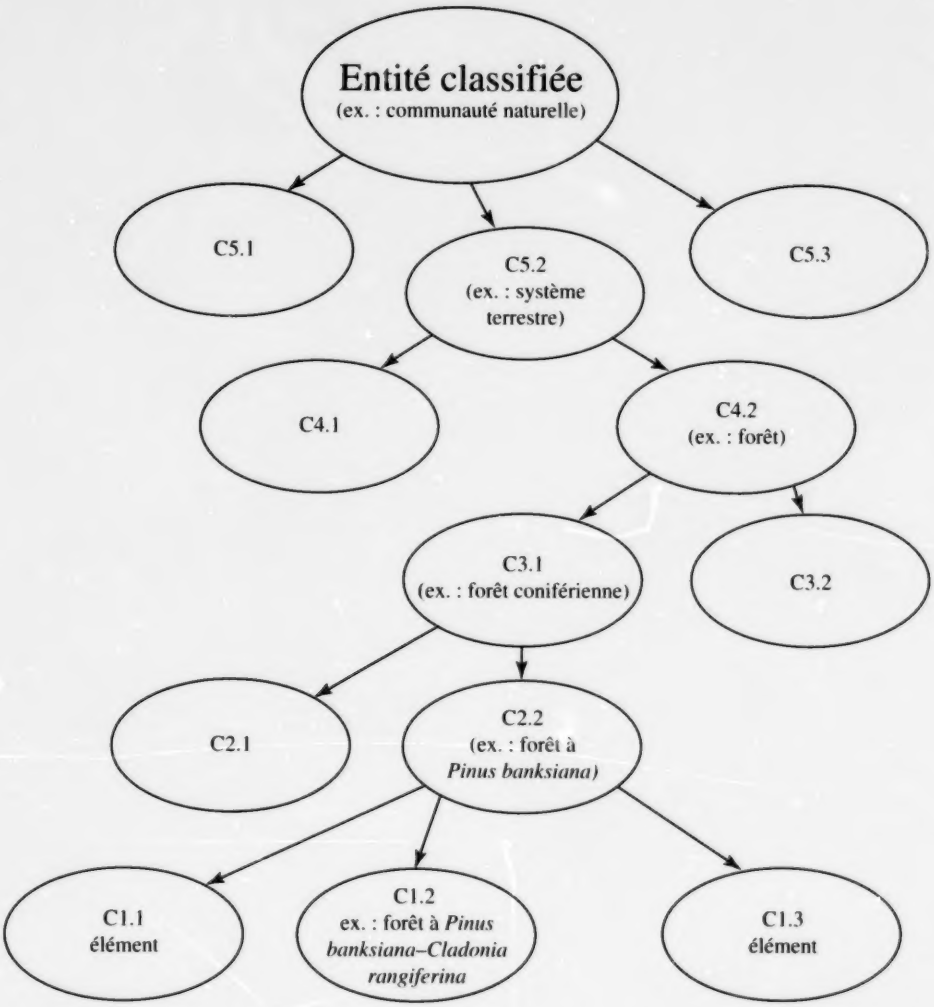

Figure 1. Classification hiérarchique basée sur les éléments. Cx.x = classe à n'importe quel niveau; C1.x = élément, ou classe du niveau le plus bas; ↘ = signe non ambigu.

de répartir les pays en trois classes, soit « premier monde » (pays industrialisés), « deuxième monde » (pays socialistes) et « tiers monde », ceux-ci deviennent des objets de classification. On a alors un schéma comportant trois classes au même niveau, avec des critères pour les distinguer. On pourrait ensuite définir des critères supplémentaires pour répartir les objets compris dans chacune de ces trois classes en d'autres classes de niveau hiérarchique inférieur. Voici un autre exemple de division : Des pommes de plusieurs sortes sont éparpillées au hasard sur le sol. Nous pouvons les diviser spatialement en plusieurs groupes d'après la couleur prédominante des pommes dans une zone donnée (verte, rose ou jaune). Dans chaque zone, il y a des pommes de différentes sortes, mais non en proportions égales. Bien que nous appliquions un critère précis pour diviser la superficie couverte par les pommes, nous ne classons pas les pommes au sens strict du terme. En cartographie, les termes « classifier » et « processus de classification » sont utilisés pour désigner une méthode similaire. Pour éviter des problèmes d'interprétation d'ordre logique, nous utiliserons le terme « classification » seulement dans son sens classique, en excluant le sens de division. Pour décrire le « processus de classification » cartographique, nous utiliserons le terme « interprétation », quoiqu'il existe probablement un autre terme plus approprié[1]. En

[1] Krajina (1969) a utilisé le terme « stratification ». *Il est nécessaire d'étudier de tels habitats différents, classifiés en fonction des biogéocénoses (Sukachev, 1944) ou des associations végétales (Braun-Blanquet, 1921) et stratifiés suivant les zones biogéoclimatiques géographiquement distinctes (Krajina, 1965)*, a-t-il écrit (traduction littérale).

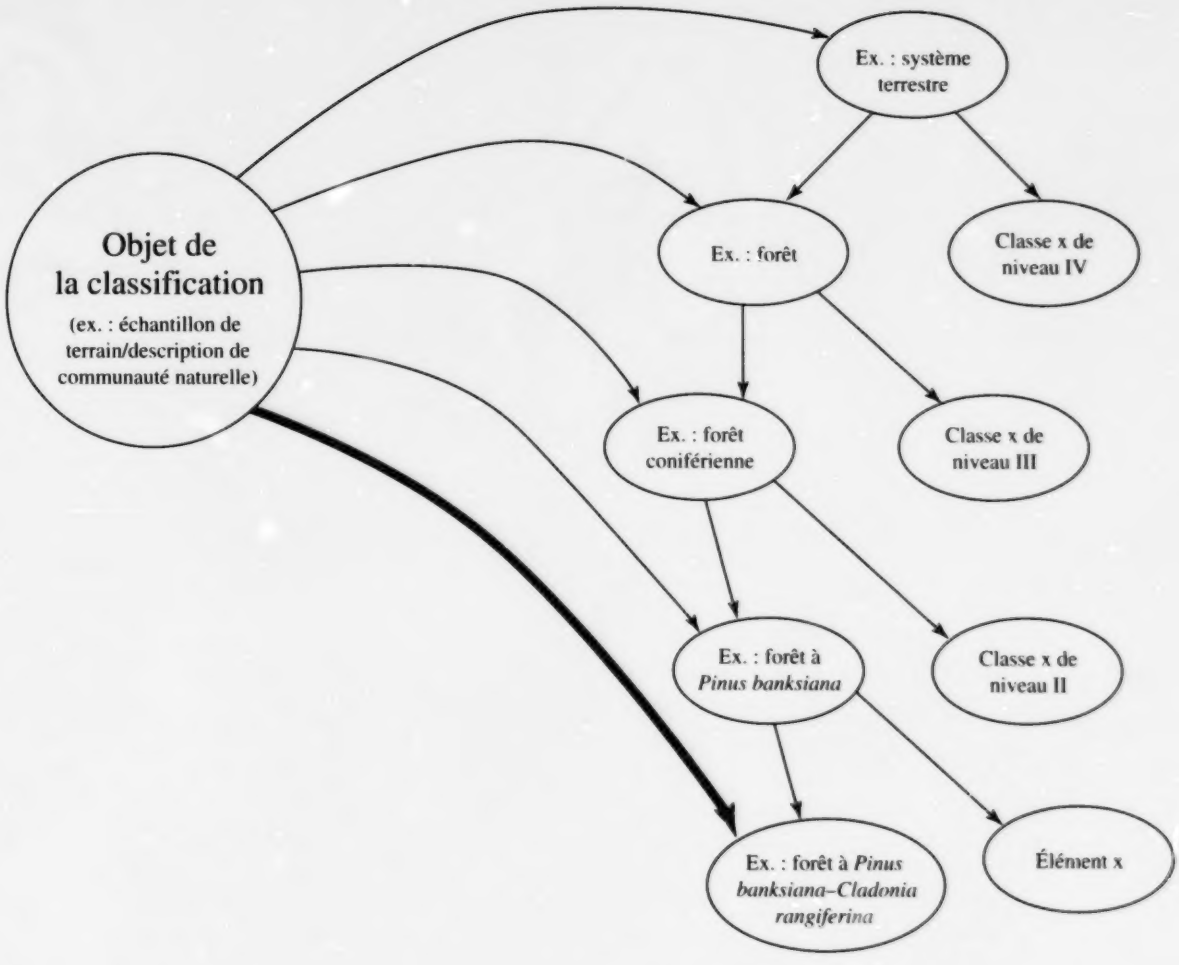

Figure 2. Procédure de classification : un objet de la classification est classé dans la catégorie appropriée à chaque niveau et est identifié en tant qu'élément de la classification

conclusion, la classification et la division sont deux méthodes majeures utilisées pour établir un arrangement dans une entité hétérogène. Cet arrangement repose, dans le premier cas, sur la révélation d'éléments récurrents, dans le deuxième, sur la délimitation de patrons d'hétérogénéité sans identification des éléments qui s'y trouvent.

Par ailleurs, le terme « division », comme celui de « classification », a plusieurs sens :

- processus de division;
- résultat d'une division (structure);
- unité de division.

La division est un arrangement dans un mélange hétérogène. Le terme « régionalisation » (Isachenko, 1970), en cartographie, en est un synonyme. La régionalisation est donc un type de division utilisée en cartographie. Dans le texte qui suit, nous utiliserons également l'expression « classification de type régionalisation », étant donné que beaucoup de régionalisations sont appelées « classifications ». Les parties d'une division d'un territoire (régionalisation) sont des unités de territoire. Une unité de territoire est tout espace délimité, peu importe le niveau hiérarchique, dans une division de territoire.

Pour interpréter ou « classifier » les unités de territoire délimitées, un chercheur doit établir un schéma – échelle, série de catégories – pour chaque caractéristique considérée. Chaque schéma peut ou non correspondre à une classification établie, basée sur les éléments. Par exemple, un chercheur peut vouloir régionaliser le paysage en fonction des trois plus importantes caractéristiques de l'espace considéré : épaisseur du sol, végétation et salinité du sol. Dans le cas de l'épaisseur du sol, il établit trois degrés : (1) sol profond (plus de 50 cm); (2) sol mince (10 à

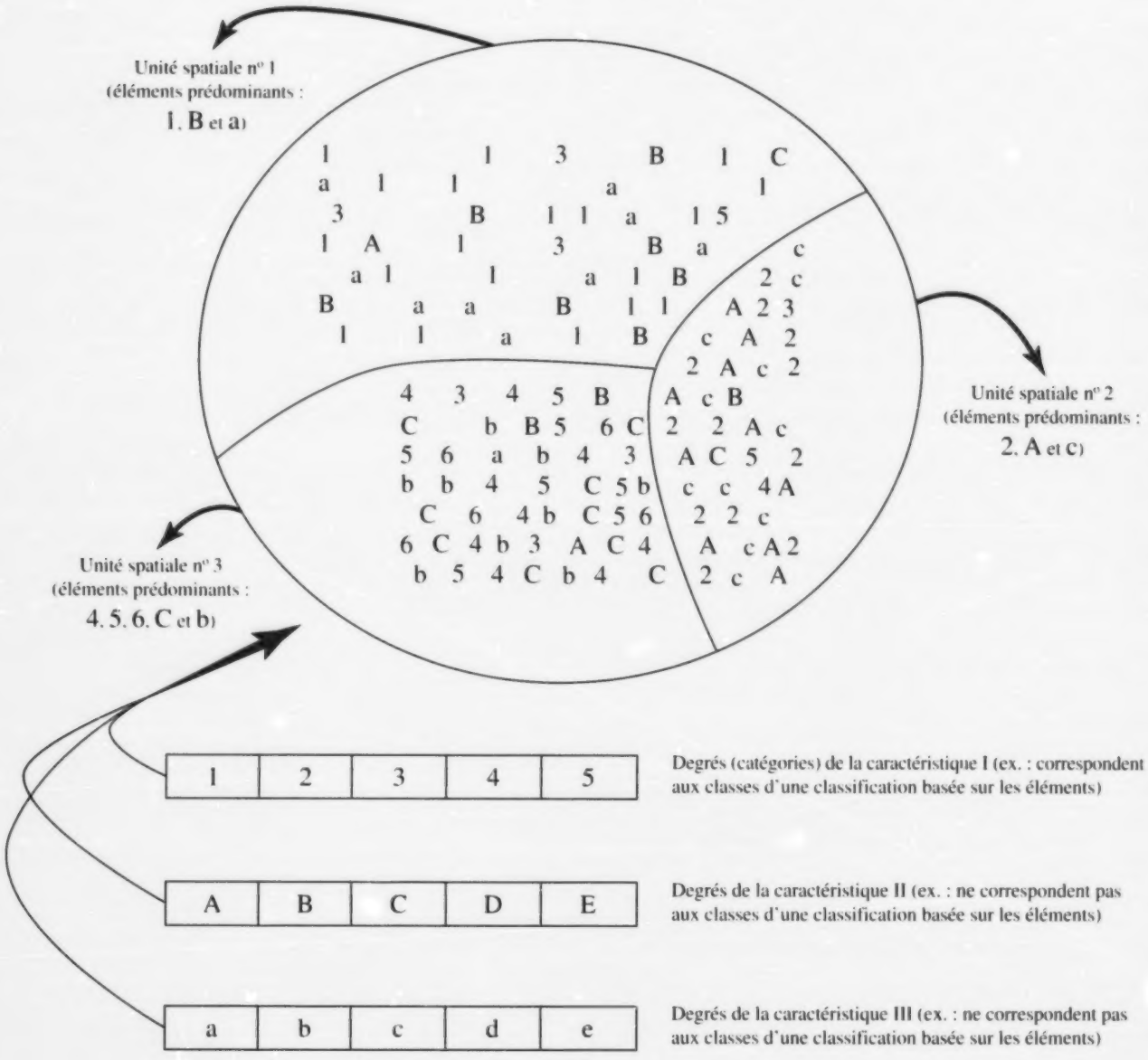

Figure 3. Procédure de division ou de régionalisation

50 cm); (3) roche (moins de 10 cm de sol). Pour la végétation, il définit trois catégories : (A) forêt; (B) formation buissonneuse; (C) prairie. Pour la troisième, il fixe également trois degrés : (a) très salin (plus de 3 g/kg); (b) salin (0,5-3 g/kg); (c) non salin (moins de 0,5 g/kg). La corrélation entre ces caractéristiques peut être élevée ou faible. À partir des trois schémas définis pour les trois caractéristiques considérées, le chercheur peut diviser une large étendue en plusieurs unités de territoire présentant une combinaison prédominante de ces caractéristiques. Le résultat sera une carte du paysage délimitant différentes régions. Dans cet exemple, le chercheur n'a pas eu recours à des classifications établies pour définir les catégories du sol, de la végétation et de la salinité; il a élaboré et appliqué trois classifications simples, basées sur des éléments, comportant chacune trois classes.

Un chercheur peut également utiliser des classifications existantes bien développées, basées sur les éléments, pour catégoriser les caractéristiques, comme le Système canadien de classification des sols (Commission canadienne de pédologie, 1978).

Dans les deux cas, des cartes scientifiquement valides sont produites, mais la régionalisation résultante dans le deuxième cas est compatible avec le Système canadien de classification des sols, augmentant le potentiel d'application de la carte produite.

La figure 3 illustre une façon de diviser d'une manière plus formelle. Un territoire est divisé en trois régions distinctes (unités spatiales). Trois caractéristiques sont utilisées pour le diviser : I, II et III. Une gradation à plusieurs degrés est définie pour chaque caractéristique. Une classification basée sur les éléments est établie seulement pour la caractéristique I. Dans l'unité spatiale n° 1, les éléments prédominants sont 1, B et a, mais d'autres éléments sont également présents en proportions plus faibles.

Nous reviendrons sur le rapport entre une régionalisation et une classification basée sur les éléments à la section 6.5.

1.3 Distinction entre classification et division

Classifications et divisions, à la fois, se ressemblent et diffèrent dans leur conception et leur application. La plupart des classifications de territoire appartiennent soit à la catégorie des classifications, soit à celle des divisions. Certaines combinent les deux arrangements. Il en résulte une certaine ambiguïté quant au sens du terme « classification », pouvant créer une certaine confusion lorsqu'on analyse différentes classifications du territoire. Dans l'analyse qui suit, nous indiquerons clairement si nous parlons d'une classification ou d'une division.

Dans la pratique, on peut facilement différencier classification et division des écosystèmes en considérant ce qui suit. Si on peut déterminer l'unité de classification du niveau le plus bas en s'appuyant seulement sur les caractéristiques observées sur le terrain, on a une classification. Par contre, si pour identifier l'unité de classification, on a besoin des coordonnées de la parcelle de terrain et d'une carte présentant les limites des unités de classification, on a une division.

1.4 Ordination

L'ordination est un type d'arrangement qui place les objets le long d'un axe représentant un gradient pour certains de leurs paramètres ou de leurs caractéristiques.

1.5 Classification basée sur les éléments, cartographie et légende

La classification et la cartographie sont deux méthodes apparentées, mais indépendantes. L'élaboration d'une classification basée sur les éléments représente une première étape; elle établit une série de classes pour chaque niveau hiérarchique considéré, une description de ces classes et des critères pour les reconnaître. La cartographie n'est qu'une des nombreuses applications possibles d'une classification basée sur les éléments. De nombreux projets de cartographie peuvent utiliser une même classification comme référence. Dans ce cas, la légende d'une carte particulière pourra être établie en considérant un niveau hiérarchique particulier de la classification. Une légende cartographique n'est pas équivalente à la classification correspondante.

Voici quelques points qui différencient une légende cartographique de la classification correspondante :

- Une légende ne considère ordinairement qu'un niveau hiérarchique de la classification. La classification peut avoir plusieurs niveaux hiérarchiques.
- La légende n'inclut pas nécessairement toutes les classes d'un niveau considéré, mais seulement celles qui peuvent être cartographiées à une échelle donnée sur l'étendue couverte par la carte. Une classification comporte des classes à tous les niveaux. Par ailleurs, certaines classes peuvent être fusionnées dans un élément d'une légende si, par exemple, les méthodes cartographiques ne permettent pas de distinguer chacune séparément.
- La légende n'a pas besoin de définir de façon exhaustive ses éléments. La classification a des critères stricts pour différencier les classes.
- La légende ne doit pas nécessairement reposer sur un schéma logique; la classification, oui. Par exemple, une légende peut inclure des pinèdes, des pessières, des zones résidentielles et des chemins, éléments qui n'appartiennent pas à une seule classification.
- Enfin, une légende ne repose pas nécessairement sur une classification. Beaucoup de projets actuels et passés de cartographie des communautés biotiques ne s'appuient pas sur une classification classique. Les questions relatives à la cartographie des éléments et autres classes des classifications ne relèvent pas de la classification comme telle et doivent être réglées dans les projets de cartographie. D'autres aspects du rapport entre la classification et la cartographie ont été examinés par Grossman *et al.* (1998).

2. La terminologie en écologie

« La confusion qui règne dans la terminologie des unités de végétation est bien connue de tous les écologistes. »
[Traduction]
G. Einar Du Rietz (1930)

2.1 Unités de classification

Quelle est l'unité de base dans la classification des écosystèmes? Le terme « écosystème » (Tansley, 1935) est accepté dans le monde entier. Au sens large, il désigne tout système naturel dans lequel interagissent les composantes biotiques et abiotiques. Les exemples qu'on peut en donner vont de la goutte d'eau, dans

laquelle vivent des bactéries, à l'écosystème de la planète. Sur le plan gnoséologique, le sens de ce terme a une grande importance, mais, en pratique, dans l'analyse scientifique, on a souvent besoin de connaître plus précisément les dimensions du système en question. Aux fins de la classification, il est nécessaire de définir la taille du plus petit écosystème pouvant être utilisé comme unité élémentaire à classifier. La recherche d'un tel terme a débuté au dix-neuvième siècle.

En 1910, le Troisième congrès international de botanique a proposé le terme « association » pour désigner une unité élémentaire du couvert végétal pouvant être classifiée et cartographiée. L'association y a été définie comme un groupement végétal de composition floristique déterminée présentant une physionomie uniforme et croissant dans des conditions stationnelles uniformes (Flahault et Schröter, 1910). Braun-Blanquet a restreint la définition à la composition floristique, la formulant comme suit en 1925 : « groupement végétal stable et en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisé par une composition floristique déterminée, dans laquelle certains éléments exclusifs ou à peu près (espèces caractéristiques) révèlent, par leur présence, une écologie particulière et autonome » (Braun-Blanquet, 1921 dans Grossman *et al.* 1998). Ce terme considère toutefois uniquement la végétation, qui ne représente qu'une partie d'un écosystème. On avait besoin d'un terme plus général, correspondant à l'association sur les plans dimensionnel et conceptuel, mais englobant toutes les composantes biologiques et abiotiques.

Le terme « biogéocénose » a été proposé par Sukachev en 1944 pour répondre à ce besoin. Dans la littérature écologique russe, il est largement utilisé comme synonyme d'écosystème à l'échelle spatiale de l'association végétale. La science étudiant les biogéocénoses est nommée « biogéocénologie ». Au Canada, Krajina (1960), pour les besoins de la classification des écosystèmes dans la pratique, a proposé ce terme. Pojar *et al.* (1987) et Meidinger et Pojar (1991) l'ont utilisé pour désigner une unité élémentaire dans la classification biogéoclimatique des écosystèmes. La biogéocénose est un système correspondant à une portion homogène de la surface d'un territoire, qui présente une grande uniformité quant à ses composantes biotiques (végétation, faune, etc.) et abiotiques (climat, sol, hydrologie, matériau parental) et quant à leurs interactions. Un schéma général d'une biogéocénose est présenté à la figure 4. La biogéocénose est constituée d'une biocénose et d'un écotope. La biocénose est la composante biotique de la biogéocénose. L'écotope, qui en est la composante abiotique, comprend l'édaphotope (englobant les facteurs liés au substrat de l'écosystème) et le climatope (englobant les facteurs liés au microclimat de l'écosystème). La partie végétale de la biocénose est appelée « phytocénose », qui est synonyme d'« association végétale ». Le terme « biogéocénose », proposé initialement seulement pour désigner les écosystèmes terrestres, a été plus tard élargi pour s'appliquer à d'autres écosystèmes. Le rapport entre les termes « écosystème » et « biogéocénose » a été analysé par Sukachev en 1960. Plus récemment, le terme « communauté écologique » (« *ecological community* ») est devenu populaire. C'est probablement le plus proche de « biogéocénose ». Nous utilisons les deux termes en tant que synonymes.

Dans la littérature anglaise, « *natural community* » (« communauté naturelle ») désigne ordinairement la partie biotique d'un écosystème à l'échelle spatiale de l'association végétale (Whittaker, 1962). Ce terme est également utilisé couramment pour désigner non seulement une composante biotique mais aussi une composante abiotique. Dans ce document, nous utilisons « communauté naturelle » dans le premier sens. Brown *et al.* (1998) ont récemment préconisé l'emploi du terme « *biotic community* » (« communauté biotique ») en tant que synonyme au premier sens. Ce dernier terme est utilisé de façon beaucoup plus cohérente. Dans le présent rapport, nous employons « communauté naturelle », « communauté biotique » et « biocénose » en tant que synonymes, mais donnons la préférence aux deux derniers en raison de leur emploi plus cohérent.

L'ensemble des espèces animales habitant une communauté naturelle (l'analogue de l'association végétale) n'est pas désigné par un terme spécial dans la littérature anglaise. Dans la littérature russe, cependant, on utilise le terme « zoocénose » et aussi des termes génériques pour désigner l'ensemble de certains groupes phylogénétiques reliés à une communauté naturelle particulière, tels « fungicénose » et « arthropodocénose ». Ces termes sont utiles en classification. Étant donné que « communauté biotique » est synonyme de « biocénose », on peut proposer toute une série d'autres termes en remplaçant « cénose » par « communauté », comme « communauté des champignons », « communauté des arthropodes », etc.

En science du paysage, les termes « biogéosystème » ou « géobiosystème » sont utilisés comme synonymes d'« écosystème », mais les trois termes n'ont pas le même sens qu'en écologie (biogéocénologie). Ils mettent davantage l'accent sur les processus abiotiques et moins sur les processus biotiques, par comparaison à « écosystème » en écologie (biogéocénologie) (voir aussi section 3.2).

En phytosociologie, de concert avec « association », on utilise « formation » et « type dominant » pour définir les communautés végétales. La principale différence entre ces termes réside dans la façon de définir les communautés.

Les formations sont définies en fonction de la physionomie seulement, sans considérer la composition floristique. Le terme « type dominant » a deux sens différents selon les auteurs : (1) espèces dominantes dans chaque strate; (2) espèces dominantes dans la strate supérieure. Les associations sont identifiées d'après la composition floristique. Nous utiliserons ce terme dans son premier sens. Il a été proposé par Whittaker (1962), alors que d'autres auteurs, comme Sukachev et Du Reitz, utilisent « association » dans les deux cas. Dans certaines classifications, les trois termes (association, type dominant et formation) sont utilisés; les

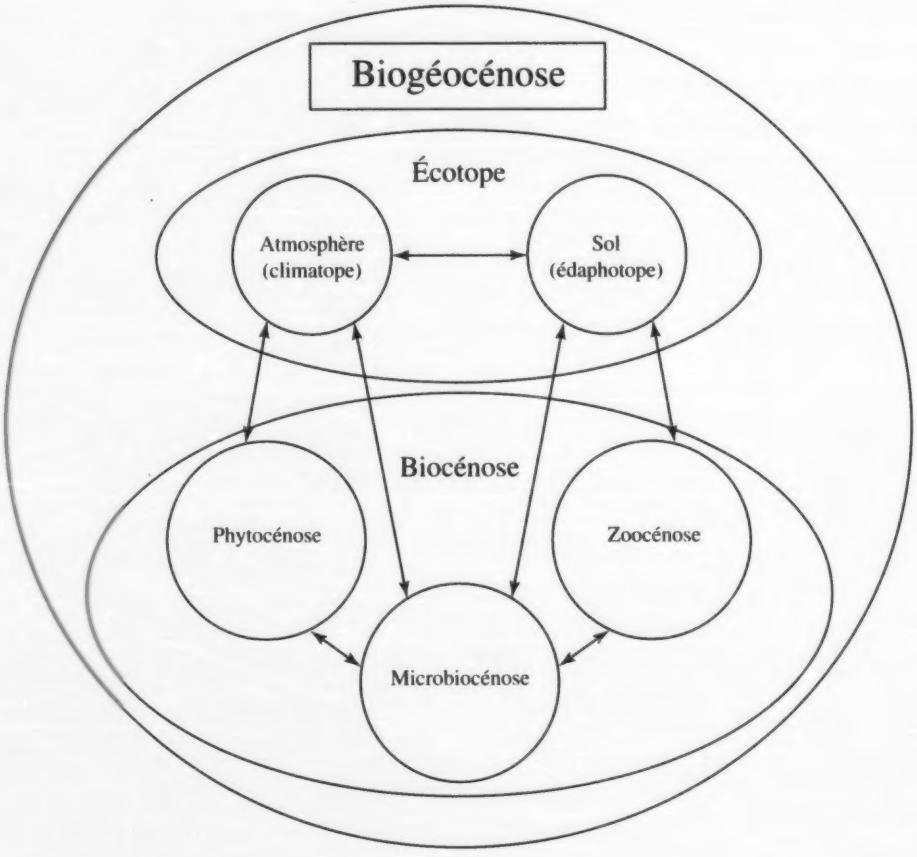

Figure 4. Composantes de la biogéocénose (Sukachev, 1960)

associations sont groupées dans des types dominants et les types dominants sont réunis dans des formations.

Le terme « type de couvert forestier » est utilisé principalement en foresterie. Il indique l'espèce d'arbre dominant la strate supérieure (d'après la surface terrière des arbres).

Le terme « type forestier » a deux sens. Le premier correspond à « type de végétation » et à « type de communauté végétale » dans les forêts. Les trois termes peuvent être utilisés pour désigner des types de communauté végétale peu importe la façon dont on les identifie. Le deuxième sens de « type forestier » ne se rapporte pas à la végétation existante, mais à l'ensemble des sites appropriés pour un type particulier de végétation potentielle. Donc, dans ce sens, le « type forestier » représente une unité de site, ou une unité de végétation potentielle, et s'applique à une gamme précise de sites. Le terme est employé dans ce sens dans la classification écologique des forêts de Russie (voir section 4.7.1) et dans celle de Terre-Neuve (voir section 5.10.8). Dans d'autres classifications, on se sert de termes différents pour désigner le même concept : (1) « site » dans la classification de Pogrebnyak (voir 4.4) et dans la classification biogéoclimatique (voir 5.10.1.1, Classification des sites); (2) « type écologique » dans le système de classification du territoire du ministère des Ressources naturelles du Québec (voir 5.10.6.1).

La définition de « site » varie beaucoup, incluant ou excluant une composante biotique présente. Nous définissons le site comme un ensemble de conditions abiotiques convenant à un certain type de végétation de fin de succession (Pogrebnyak, 1929). Le site est défini par deux constituantes majeures : les facteurs édaphiques (édaphotope) et les facteurs climatiques (incluant le microclimat). Le relief est compris indirectement, en tant qu'agent de redistribution de facteurs édaphiques et (micro)climatiques. Un site peut convenir à diverses communautés biotiques selon les perturbations passées et le stade de succession.

L'habitat s'entend d'un groupe d'écosystèmes (biogéocénoses) offrant à une espèce ou à un groupe d'espèces des conditions appropriées pour l'accomplissement d'une fonction particulière

(s'alimenter, se reproduire, etc.) ou de leur cycle biologique complet. Ce terme véhicule l'idée que les espèces dépendent d'un groupe donné d'écosystèmes (biogéocénoses).

2.2 Classe et objet de classification

Dans la langue courante et souvent aussi dans la littérature scientifique, on utilise le même terme pour une classe, qui représente un concept, et pour un objet de classification, qui représente un objet physique. Si cela est acceptable dans la langue courante, il importe de strictement distinguer les deux termes, et ceux qui leur sont associés, pour éviter des erreurs d'interprétation sur le plan logique.

Dans la littérature anglaise, le terme « *land unit* » (« unité de territoire ») est utilisé dans deux sens : (1) portion particulière du territoire; (2) type d'unité de territoire. Pour ce dernier sens, nous proposons d'utiliser « *land unit class* » (« classe d'unité de territoire ») ou «*land unit type* » (« type d'unité de territoire »). Par exemple, un polygone représentant une tourbière sur une carte est une unité de territoire, mais la tourbière, en tant qu'élément d'une classification, est un type d'unité de territoire. Il demeure, bien sûr, que le terme « unité » non qualifié peut se rapporter tant à un élément d'une division du territoire (c'est-à-dire une unité de territoire comme une parcelle délimitée sur une carte) qu'à un élément classifié (type d'unité de territoire).

On retrouve le même genre de problème avec le terme « unité cartographique » (« *mapping unit* »). Nous proposons de faire une distinction entre l'unité cartographique et l'unité cartographiable (« *mappable unit* »). Une unité cartographique est un polygone sur une carte et correspond à une unité du territoire. Une unité cartographiable existe indépendamment de la cartographie. Cette expression est utilisée seulement pour indiquer que l'unité peut être cartographiée. L'unité cartographiable correspond à une classe d'unités du territoire. Une association végétale est une unité cartographiable, mais non une unité cartographique.

Pour différencier les classifications classiques (basées sur les éléments) et les classifications de type régionalisation, il est important d'utiliser correctement ces deux groupes de termes. Les unités des classifications classiques sont des notions ou des concepts – plus précisément des types d'unité de territoire, des unités cartographiables, des types d'unité écologique, etc. Par contre, les unités des classifications de type régionalisation sont des objets concrets, des portions de territoire ou leur représentation sur une carte – plus précisément des unités de territoire, des unités cartographiques, des unités écologiques, etc.

3. Grands courants de la classification des écosystèmes

Comme notre principal objectif est de classifier la biodiversité au niveau de l'écosystème, c'est-à-dire les composantes biotiques des écosystèmes (voir figure 4), nous concentrerons notre attention dans ce qui suit sur les classifications axées sur les composantes biotiques, quoique certaines intègrent également des facteurs abiotiques.

Notre analyse portera uniquement sur les approches de classification des écosystèmes terrestres. Il ne faudrait pas en conclure qu'il n'existe pas de classifications des écosystèmes aquatiques ou que nous les considérons moins importantes. C'est plutôt qu'il s'agit de deux milieux assez indépendants en raison de la structure différente des communautés naturelles et que, pour des motifs d'ordre tactique, nous croyons préférable de commencer la construction d'une classification nationale par la partie terrestre, qui est mieux connue que la partie aquatique. Cependant, nous estimons très important qu'une synthèse et une analyse des classifications des communautés naturelles aquatiques soient réalisées dans une prochaine étape.

3.1 Une classification des classifications

Des centaines de classifications des écosystèmes ont été élaborées depuis un siècle, et beaucoup avaient déjà été produites auparavant. Pour y voir plus clair, il importe de classifier ces classifications, ce que nous pouvons faire en considérant plusieurs critères, notamment l'échelle d'application (mondiale, régionale ou locale), le concept scientifique de base (science du paysage ou écologie/biogéocénologie) et l'approche (classification classique ou régionalisation).

3.2 Deux grandes traditions scientifiques pour classer les écosystèmes

Mondialement, deux grandes traditions scientifiques se dégagent en matière d'étude et de classification des écosystèmes.

La première tradition est celle de la science du paysage. Elle consiste à utiliser des approches géologiques pour étudier ou les écosystèmes, ou les paysages, ou les biogéosystèmes. Le paysage offre la vision la plus intégrée des systèmes à la surface de la Terre. Il est considéré comme un système ayant une hiérarchie spatiale. Les fonctions associées au paysage et au biogéosystème sont plus larges que celles rattachées traditionnellement à l'écosystème en écologie. Les interactions ne se font pas seulement entre les composantes biotiques et abiotiques, mais aussi avec les processus géologiques, météorologiques, géochimiques et hydrologiques, entre autres. Donc, selon l'école de la science du paysage, « biogéosystème » est un terme plus générique qu'« écosystème ». La composante biotique y est considérée à un niveau très général, trop général pour la classification de la biodiversité.

La deuxième tradition est celle de l'« écologie » ou de la « biogéocénologie ». Elle s'est développée à partir des sciences biologiques. Elle s'intéresse moins aux propriétés abiotiques des biogéosystèmes et plus à la composition en espèces et aux processus biologiques.

La classification et la division sont utilisées dans les deux écoles, mais n'y ont pas la même importance comme outils scientifiques. Les divisions sont plus développées en science du paysage; les classifications le sont davantage en écologie.

3.3 Les classifications

Les unités des classifications des écosystèmes sont les communautés naturelles, les biogéocénoses, les biocénoses, les phytocénoses, les associations végétales, les stations, les édaphotopes, les écotopes, les habitats, les habitats potentiels et les éléments du paysage. Les écosystèmes peuvent être classifiés en fonction de leurs composantes biotiques et abiotiques ou de combinaisons de ces composantes.

Parmi les composantes abiotiques des communautés naturelles, le climat, la topographie, le sol, les formations géologiques superficielles et l'hydrologie sont utilisés pour classifier les écosystèmes. De nombreux paramètres abiotiques sont révélés par la végétation; très souvent, des unités des composantes abiotiques sont mises en évidence par l'hétérogénéité de la végétation. Néanmoins, les composantes abiotiques ne reflètent les assemblages biologiques des écosystèmes que de façon très générale et ne sauraient être utilisées pour représenter les composantes biotiques.

3.4 Les divisions

Le principal objectif de toute division du territoire est de délimiter des aires plus homogènes que d'autres à certains égards en appliquant des critères diagnostiques (voir figure 3 et explication en 1.2). Plus on descend dans la hiérarchie d'une division, plus les aires délimitées sont homogènes. Les critères diagnostiques utilisés aux différents niveaux peuvent se rapporter à différents paramètres des écosystèmes, entre autres : climat (tel qu'exprimé par la végétation), géomorphologie, sol, formations géologiques sous-jacentes et végétation. Les divisions ne reposent pas sur des éléments ou des classes (voir 1.2).

3.5 Pourquoi choisir la végétation pour classifier les communautés naturelles terrestres?

Parmi les composantes biotiques, il est possible d'utiliser tout groupe d'organismes vivants (plantes vasculaires, invertébrés, vertébrés, champignons, lichens, protozoaires, etc.) ou combinaison de ces groupes pour classifier les écosystèmes terrestres, mais les plantes vasculaires sont ordinairement choisies. Plusieurs raisons motivent ce choix : (1) les communautés des plantes vasculaires jouent un rôle prépondérant dans le bilan énergétique des communautés naturelles et représentent, dans la plupart des cas, le premier niveau de la chaîne alimentaire (tous les autres groupes d'organismes dépendent donc des groupements végétaux); (2) elles se reconnaissent aisément sur le terrain, et il est relativement facile de déterminer la composition des espèces; (3) elles reflètent jusqu'à un certain point les composantes abiotiques de l'écosystème, comme le climat, le sol et le régime hydrologique; (4) elles ont de nombreuses autres caractéristiques qui permettent d'estimer les successions, les changements et les perturbations passées et de prévoir l'évolution des communautés naturelles dans différentes conditions.

En conséquence, pour classifier la biodiversité à l'échelle de l'écosystème, nous croyons que la composante de base de la classification des écosystèmes terrestres doit être la composante végétale.

Parmi les grandes classifications des habitats, celle de la végétation peut être considérée comme la plus générique, la plus intégrée et la plus normalisée, aussi la plus apte à servir de cadre pour les classifications des habitats d'espèces particulières ou de groupes particuliers d'espèces (Tupikova et Komarova, 1980; Levin, 1981; Noss, 1990; Franklin, 1993; Grossman *et al.*, 1998).

La végétation continuera de former le squelette des classifications des communautés naturelles, du moins pour les communautés terrestres, car dans d'autres communautés, elle peut ne pas jouer un rôle prépondérant ou même être totalement absente. C'est le cas, par exemple, dans les communautés naturelles des cavernes, des abysses et des fonds marins et les communautés chimiotrophes des dépôts géologiques et des zones de barrières géochimiques.

3.6 Végétation existante ou potentielle?

Alors que certaines communautés végétales sont appelées à se transformer rapidement, d'autres changent très peu durant de longues périodes. Après certaines perturbations, les successions des communautés végétales peuvent aboutir, de façon récurrente, à une communauté plus ou moins stable. Plusieurs classifications tentent de faire abstraction des fluctuations temporaires et ne considèrent que les communautés stables. Elles représentent une somme énorme de travail scientifique, qui, de plus, s'appuie sur certaines hypothèses scientifiques qui peuvent changer. Leur niveau de résolution est aussi beaucoup plus faible. Nous croyons que, pour répondre aux besoins pratiques de la conservation et de la gestion de la biodiversité et des ressources naturelles, il faudrait d'abord classifier la végétation existante.

4. Grands courants de la classification des communautés végétales

Pour faire suite à notre analyse précédente (section 3.5), nous passons en revue dans les paragraphes qui suivent les classifications où la végétation est, sinon la composante de base, du moins une composante majeure. Nous concentrons notre attention sur les classifications classiques (basées sur les éléments) élaborées selon la tradition scientifique de l'écologie ou de la biogéocénologie.

en excluant les classifications de la végétation potentielle. Ayant ainsi rétréci notre champ de recherche, nous pouvons nous concentrer sur les approches de classification pour le secteur choisi. Les classifications classiques des communautés végétales se répartissent en plusieurs groupes, examinés ci-dessous, suivant les critères utilisés pour établir les différentes classes d'écosystèmes. On trouvera de courtes analyses de différents groupes de classifications de la végétation dans les travaux publiés par Whittaker (1973a), le Groupe de travail national sur la végétation (1990) et Grossman *et al.* (1998). Notre objectif n'est pas d'examiner tous les systèmes importants de classification ayant été établis, mais plutôt d'offrir quelques exemples de groupes de classifications en vue d'éclairer la discussion sur la situation au Canada. Certaines des classifications décrites ne sont pas à strictement parler des classifications de la végétation, mais plutôt des classifications de sites; elles sont présentées dans la perspective de l'analyse, présentée plus loin, des classifications canadiennes des écosystèmes forestiers. Dans cette section, nous examinons surtout les classifications élaborées dans d'autres pays. Les classifications canadiennes feront l'objet de la section suivante.

4.1 Classifications physionomiques

Il s'agit du type le plus ancien et le plus courant de classification des écosystèmes. Dans de nombreux cas, elles emploient des termes du folklore local, reflétant le fait que les préclassifications de ce genre étaient largement utilisées avant l'ère scientifique.

Les unités physionomiques ont des caractéristiques macromorphologiques distinctives (tourbière, falaise, takyr, etc.) que peut facilement reconnaître un non-spécialiste. Les caractéristiques macromorphologiques considérées comprennent, entre autres, les structures distinctives des communautés végétales, les formes de croissance prédominantes de la végétation et leur combinaison avec les formes du relief et des caractéristiques hydrologiques. Les caractéristiques physionomiques comprennent le type de feuillage (feuilles par opposition à aiguilles) et la saisonnalité (formations sempervirentes par opposition à décidues), entre autres. On peut ordinairement interpréter facilement les unités physionomiques sur les photographies aériennes et les images satellites.

A. von Humboldt, célèbre géographe et explorateur, a publié, en 1807, l'une des premières classifications physionomiques. De nombreuses classifications de ce genre, tant aux échelles régionale que locale, ont été produites par la suite. Dans les zones climatiques boréales et tempérées du monde entier, où se trouve la majeure partie du territoire canadien, l'intérêt pour les classifications physionomiques aux échelles régionale et locale a beaucoup diminué, en raison de leur plus faible résolution par comparaison aux systèmes floristiques. Néanmoins, sous les tropiques, cette approche est toujours assez populaire. Malgré leur baisse de popularité aux échelles régionale et locale, les classifications physionomiques continuent de dominer aux échelles macrorégionale et mondiale.

Voici quelques exemples de classifications physionomiques d'échelle mondiale utilisant la végétation comme facteur principal :

- Classifications de Rubel (1930)
- Classifications de Schimper et Faber (1935)
- Classification mondiale reliant physionomie et climat de Holdridge (1947, 1967)
- Classification de Fosberg (1961)
- Classification d'Ellenberg et Mueller-Dombois (1967)
- Carte mondiale de la végétation de Walter (1968)
- Classification mondiale de la végétation de l'UNESCO (1973).

4.1.1 Classification mondiale de l'UNESCO

Cette classification est l'aboutissement du travail de plusieurs années d'une équipe internationale, composée de scientifiques éminents de Belgique, d'Allemagne, de France, des États-Unis et de Russie. Après s'être penchés sur les classifications mondiales existantes, ceux-ci sont arrivés à la conclusion qu'aucune n'était entièrement satisfaisante. En majeure partie, la classification de l'UNESCO est basée sur la végétation climacique. Dans certains cas, l'interprétation du climax de la végétation n'étant pas possible, la classification reflète la végétation naturelle prédominante.

La classification comporte cinq niveaux hiérarchiques :

Classe de formations. Tous les types possibles de végétation sont divisés en cinq classes en fonction de la forme de croissance de la strate supérieure et de sa structure (forêt dense, forêt claire, fruticée, fruticée naine et formations analogues, et végétation herbacée).

Sous-classe de formations. Chaque classe de formation est divisée en un certain nombre de sous-classes (de trois à cinq principalement) en fonction de caractéristiques particulières des formes de croissance, par exemple la phénologie du feuillage.

Groupe de formations. Cette subdivision tient compte du type de feuillage selon le climat.

Formation. Un ensemble de caractéristiques physionomiques définissent les principaux types physionomiques qui englobent une végétation très différente floristiquement et géographiquement.

Sous-formation. Les formaions sont subdivisées en fonction de caractères physionomiques additionnels ou de facteurs environnementaux externes engendrant un certain régime de perturbations (inondations, par exemple).

La classification de l'UNESCO a été utilisée pour cartographier la végétation de la planète au 1:1 000 000.

4.2 Approche floristique

Cette approche consiste à classifier les groupements végétaux selon leur composition floristique totale. Elle comporte plusieurs variantes. La plus perfectionnée est celle élaborée par Braun-Blanquet (1921), fondateur de l'école de Zürich-Montpellier de

phytosociologie. D'autres représentent des versions modifiées du système de Braun-Blanquet.

4.2.1. Approche de classification de Braun-Blanquet ou de Zürich–Montpellier

Personne, probablement, n'a autant contribué au développement de la classification des communautés naturelles que Braun-Blanquet (Westhoff et van der Maarel, 1980). Voici les principes essentiels de son approche :

1. La végétation est organisée en unités récurrentes ou associations ayant une composition floristique reconnaissable, qui doit être analysée pour élaborer une classification des communautés ou groupements végétaux.
2. Les espèces présentes dans les associations n'ont pas toutes la même importance pour identifier les groupements. Seulement quelques-unes sont considérées des espèces diagnostiques. Celles-ci sont divisées en trois catégories : espèces caractéristiques, espèces différentielles et espèces compagnes constantes.
3. Les espèces diagnostiques peuvent être révélées par certaines méthodes consistant à comparer les listes d'espèces (« relevés ») établies par échantillonnage sur le terrain pour les mêmes associations et des associations différentes.
4. Les unités de base, ou associations, peuvent être organisées dans une classification hiérarchique utilisant différentes espèces ou différents groupes taxonomiques diagnostiques comme critères pour déterminer les classes des différents niveaux hiérarchiques.
5. La classification se fait par induction (démarche ascendante).
6. Tous les niveaux de la classification reposent sur une approche floristique.

Exception faite de la Scandinavie et de la Russie, la méthode de Braun-Blanquet domine dans tous les pays européens depuis les années 1920. En Scandinavie, elle a été acceptée dans les années 1930 et 1940. En Russie, elle a commencé à être largement appliquée dans les années 1970 et 1980; Kliopov, dans les années 1940, y a élaboré une variante de l'approche de Braun-Blanquet, mais ses travaux sont demeurés inconnus jusqu'à leur publication en 1990 (Kliopov, 1990). Son approche consiste à grouper les espèces en fonction de leurs centres géographiques, puis de calculer le pourcentage d'affiliation géographique pour toute association donnée et pour toute parcelle de terrain.

L'approche floristique de Braun-Blanquet est devenue populaire récemment aux États-Unis pour les classifications locales (Nakamura et Grandtner, 1994; Peinado *et al.*, 1994; Walker *et al.*, 1994). Une variante a été élaborée par Daubenmire (1952) qui a rétréci son application à la végétation de fin de succession.

Au Canada, la méthode a été appliquée de façon générale dans l'Est (Dansereau, 1959, 1972; Grandtner et Vaucamps, 1982). Elle y est utilisée dans plusieurs classifications actuelles des écosystèmes avec quelques ajouts (voir sections 5.8, 5.10 et 5.12).

À la fin des années 1980 et dans les années 1990, on a commencé en Europe, en Russie et en Amérique du Nord à accumuler des données uniformes, recueillies et classifiées selon la méthode de Braun-Blanquet, sur de grandes étendues variées.

En Europe, un programme d'inventaire de la végétation européenne a facilité l'amalgamation des classifications régionales et nationales au sein d'un système uniforme de collecte des données et de définition des associations végétales. Ce processus vise à créer une classification européenne normalisée reposant sur l'approche de Braun-Blanquet (Mucina *et al.*, 1993). Il a débuté en avril 1988 avec la création de la Commission pour le prodrome des groupements végétaux de l'Europe. Vingt-cinq pays européens et asiatiques, y compris la partie européenne de la Russie, le Kazakhstan, la Turquie, les Îles de l'Égée, les Canaries, Svalbard, et l'Islande) sont aujourd'hui représentés dans le réseau (Rodwell *et al.*, 1995). Ils se sont donné les objectifs communs suivants :

- établir des normes communes pour l'information phytosociologique transmise concernant les associations végétales;
- encourager les programmes nationaux d'inventaire de la végétation à l'échelle de l'Europe;
- mettre au point des logiciels et un réseau électronique pour l'échange de données;
- produire un synopsis de la végétation européenne.

Un synopsis des classes de végétation du monde a aussi été proposé (Pignatti, 1990).

En Russie (y compris certaines parties de l'Europe et de l'Asie), ce processus a été entrepris de façon intensive, et environ 1000 associations ont été relevées et décrites (Korotkov *et al.*, 1991; Mirkin *et al.*, 1988), mais la partie asiatique de la Russie ne bénéficie pas d'un appui financier aussi élevé que la partie européenne.

En Amérique du Nord, le processus est beaucoup plus avancé grâce à la contribution de l'organisation non gouvernementale l'Association pour la diffusion de l'information sur la biodiversité (ABI) (voir section 4.7.2.1).

Le résultat logique de tous ces efforts devrait être un prodrome ou une liste commune des communautés végétales selon l'approche de Braun-Blanquet pour l'ensemble de la planète.

4.3 Classifications d'après la dominance structurale

Dans ces classifications, les groupements végétaux sont déterminés par l'espèce dominante dans chaque strate. Des classifications de ce type ont été élaborées en Russie (Sukachev, 1910, 1915, 1944) et en Suède (Du Rietz, 1921, 1930). Ces deux écoles scientifiques ont appliqué leurs classifications aux forêts boréales – écosystèmes qui présentent de façon évidente une structure verticale et une dominance récurrente d'un nombre relativement faible d'espèces dans le sous-étage et dans les strates herbacées et muscinales. En Russie, la classification de Sukachev a plus tard

été intégrée à la classification normalisée nationale des écosystèmes forestiers (voir 4.7.1).

4.3.1 Classification de Sukachev d'après la dominance structurale

Sukachev, en classifiant les forêts, a poursuivi les travaux en typologie forestière de Morozov (1912), réputé scientifique du dix-neuvième siècle. Son approche consiste à déterminer les communautés végétales d'après les espèces dominantes (édificatrices) dans chaque strate (arborescente, arbustive, herbacée et muscinale). Les espèces dominantes sont identifiées par une brève reconnaissance sur le terrain, de sorte qu'après une journée, le classificateur peut disposer d'une liste préliminaire des communautés végétales présentes dans une zone. D'autres espèces ordinairement liées étroitement à une communauté naturelle particulière ne sont pas considérées importantes, selon cette approche, pour différencier les communautés. Dans la forêt boréale (taïga) de la partie européenne de la Russie et de la Sibérie, cette méthode a donné d'assez bons résultats en raison de la pauvreté floristique générale des types forestiers. Plus tard, en appliquant la méthode de Braun-Blanquet pour les écosystèmes de la forêt boréale, on a obtenu, dans la plupart des cas, la même liste d'associations, avec quelques exceptions. Par exemple, une comparaison des sites à *Pinetum silvestri – Vaccinium myrtillosum* de Russie (Europe) avec les sites analogues de Bulgarie (Dylis, 1969) a révélé qu'il s'agissait de deux associations distinctes, ayant différentes espèces caractéristiques, même si les dominants des strates arborescente et herbacée étaient les mêmes.

La classification fondée sur la dominance structurale a été appliquée avec succès dans des inventaires forestiers. Au milieu des années 1950, le premier inventaire complet de la végétation, comprenant les montagnes et les régions inhabitées, a été réalisé en Russie, ce qui a permis de produire une carte détaillée de la végétation russe accompagnée de deux volumes de descriptions (Lavrenko et Sochava, 1954, 1956). Toutefois, la légende de cette carte ne reposait pas sur une classification unique; on a utilisé l'approche de Sukachev quand des données de terrain étaient disponibles (soit pour toutes les forêts et certains autres écosystèmes), mais l'approche physionomique dans les autres cas (pour les montagnes, la toundra et les déserts).

Une autre caractéristique importante de la classification de Sukachev est d'ordonner toutes les associations en fonction d'un gradient naturel : humidité du sol, fertilité du sol, salinité, activité éolienne, mouvement de l'eau souterraine, importance des précipitations atmosphériques par rapport aux eaux souterraines dans le bilan hydrologique et le bilan des éléments nutritifs, etc. Les arrangements d'associations ainsi obtenus étaient appelés « séries écologiques » par Sukachev (1915). Présentée pour la première fois à la communauté scientifique en 1915, la classification de Sukachev a presque immédiatement été acceptée de façon générale en Russie. (Le terme « série écologique » et le concept correspondant d'ordination des communautés le long d'un gradient de paramètres environnementaux avaient d'abord été conçus et proposés par Keller en 1909.) Plus tard, en 1917 et en 1928, Sukachev a proposé une classification hiérarchique des communautés naturelles comportant trois niveaux : associations, formations et types de végétation. La terminologie et l'approche de Sukachev sont, depuis lors, les plus largement acceptées en phytocénologie en Russie. Elles ont été appliquées dans les années 1950 dans une classification nationale des écosystèmes forestiers (Vorobyev, 1953, 1960) (voir section 4.7.1).

4.3.2 Classification de Du Reitz (école d'Uppsala)

La classification de Du Rietz (1930) est hiérarchique. L'unité élémentaire, de beaucoup plus petite taille que l'association (unité élémentaire d'autres écoles), est appelée « sociation ». Au deuxième niveau, les sociations forment des « consociations », et ce n'est qu'au troisième niveau qu'on retrouve les associations. C'est une caractéristique distinctive de cette école. Les associations sont reconnues par les dominants dans chaque strate. Au-dessus des associations, il y a des fédérations, des sous-formations et des formations, qui sont définies à partir de critères floristiques.

Une autre caractéristique de cette classification est empruntée à la classification de Clements (1916). Les phytocénoses reconnues comme des types de « climax » forment le tronc central de la classification. Pour les types préclimaciques analogues des sociations, consociations, associations, etc., différents noms ont été proposés, tels que « socies », « consocies », « associes », etc.

Les travaux de cette école ont eu beaucoup d'influence en Europe dans les années 1920 à 1930, mais leur intérêt aujourd'hui est surtout historique. Le fondateur de l'école, Du Rietz, a révisé plus tard son approche, et l'école d'Uppsala s'est en grande partie assimilée à l'école de Braun-Blanquet en pleine expansion (Trass et Malmer, 1973). Sa position initiale était que les communautés naturelles se composent d'unités naturelles nettement définies et bien délimitées, analogues aux unités (espèces) de la taxonomie de Linné (qui, incidemment, a aussi élaboré sa classification à Uppsala). Cette définition est différente de celle de l'école de Braun-Blanquet (Whittaker, 1962) et de celle de l'école russe de la dominance structurale (Sukachev, 1915), qui considèrent l'association comme une convention utile. Par ailleurs, tant Braun-Blanquet que Sukachev étaient opposés au concept du continuum (voir section 4.5).

4.4 Classifications phytotopologiques

Les communautés végétales connaissent des successions. Beaucoup de tentatives ont été faites pour exclure les fluctuations liées aux successions et les résultats des perturbations accidentelles et classifier les types de localité, ou sites, convenant à différents types de végétation climacique (Clements, 1916). Les classifica-

tions phytotopologiques utilisent à la fois la composition de la végétation et des paramètres édaphiques, principalement ceux du sol et du régime hydrique.

La première classification phytotopologique a été élaborée par Pogrebnyak (1929) pour la vaste région forestière de l'Ukraine et du Bélarus (Polésie). La principale innovation de cette classification est l'utilisation d'une grille édaphique considérant deux paramètres : l'humidité du sol et sa fertilité. (C'est, en fait, une idée proposée par Alekseev que Pogrebnyak a développée.) Dans sa classification, ce dernier a défini quatre degrés de fertilité et six degrés d'humidité. Au total, la grille comptait 24 cellules correspondant à différents « types de site » (*tip mestoobitania*). Chaque type a reçu un nom particulier appartenant à la terminologie populaire. Les degrés de l'axe de l'humidité ont été nommés « hydrotopes », ceux de la fertilité, « trophotopes ». À chaque cellule de la grille a été rattaché un type régional particulier de forêt de fin de succession. La partie centrale de la grille définissait la végétation zonale. Les types dominants de Sukachev ont été utilisés pour classifier les forêts (quoique Sukachev et Pogrebnyak aient utilisé tous les deux le terme « association »). Par ailleurs, tous les types de forêt de la succession ont aussi été classifiés et rattachés à une cellule particulière de la grille. Ainsi, chaque cellule définissait une série chronologique de types de forêt (appelés « types de peuplement ») se terminant par une communauté stable (laquelle seulement était appelée « type forestier »). Donc, les types forestiers correspondaient à la végétation potentielle des sites.

Les classifications phytotopologiques reposant sur la grille édaphique d'Alekseev–Pogrebnyak ont plus tard suscité un grand intérêt dans de nombreux pays, surtout en classification d'écosystèmes forestiers. Au Canada, cette approche a été utilisée pour la première fois par Krajina (1959, 1965).

Ces classifications ont comme composante une classification des édaphotopes (classifications écologiques du sol).

4.4.1 Classifications des édaphotopes

Les classifications des édaphotopes, ou classifications écologiques des sols, sont basées sur des caractéristiques pédologiques et hydrologiques stables, qui sont importantes pour la végétation et d'autres composantes du biote. L'édaphotope, avec la position topographique et le drainage, représente un lien entre la classification des sites et la classification des communautés naturelles. Des paramètres du sol, comme la composition minérale ou organique, la composition granulométrique dans le cas des sols minéraux, la forme d'humus dans les horizons organiques, la profondeur appropriée pour l'enracinement, le régime hydrique et le régime de nutrition, sont utilisés dans ces classifications.

Alors que les classifications génétiques des sols ont été élaborées suivant le paradigme de la science des sols et reflètent l'origine des sols, les classifications des édaphotopes considèrent le sol uniquement comme un substrat de croissance d'un écosystème fonctionnel. La classification des sols établie par Sims *et al.* (1989) pour la classification des écosystèmes forestiers du Nord-Ouest de l'Ontario représente un exemple d'une classification des édaphotopes (voir 5.10.5.2).

4.4.2 Classifications des sites

Idéalement, le site est ce qui unit toutes les communautés végétales pouvant pousser dans des intervalles particuliers de conditions abiotiques. Ces conditions sont considérées relativement stables et indépendantes de la communauté biotique occupant le lieu considéré. Dans la réalité, toutefois, les conditions abiotiques sont souvent liées aux communautés présentes et passées. Les classifications des sites définissent des classes d'unités du territoire en fonction du climat, des caractéristiques édaphiques, de la position topographique, du drainage et de la végétation. Un site peut accueillir plusieurs communautés végétales, mais seulement l'une d'elles est ordinairement considérée une communauté climacique. Dans la réalité, le climax théorique est rarement atteint; les communautés végétales de la série se remplacent par le jeu des successions et des perturbations naturelles et anthropiques. Les unités de ces classifications sont appelées, en français, « site » et « écosite », en anglais, « site » et « ecosite », en allemand, « Standortsformen » et, en russe, « tip mestoobitania ».

4.5 Approche de l'ordination

L'approche de l'ordination correspond en général au concept du « continuum » du couvert végétal. Ce concept s'oppose à la reconnaissance de communautés naturelles représentant des unités composées d'espèces adaptées à vivre ensemble. Dans la théorie du continuum, on considère que toutes les espèces se distribuent de façon indépendante en fonction de leurs besoins environnementaux. La cohabitation récurrente des mêmes espèces signifie que leurs besoins coïncident aux endroits en question. Par conséquent, on considère que les communautés naturelles n'ont pas de limites et que si de nettes démarcations sont observées, il faut en déduire que les conditions abiotiques changent abruptement et ne conviennent plus simultanément à plusieurs espèces. Par ailleurs, l'approche de l'ordination n'est qu'une méthode d'analyse du couvert végétal quelle que soit l'école de pensée d'un chercheur.

Sur le plan théorique, l'approche de l'ordination ne peut être considérée comme une classification des communautés naturelles; néanmoins, elle comporte des éléments qui sont utilisés dans certaines classifications.

4.5.1 Ordination le long de gradients environnementaux

Il s'agit d'une méthode d'arrangement des communautés naturelles qui diffère de l'approche de la classification. Les communautés sont ordonnées le long d'axes représentant des gradients de certains paramètres de l'environnement, comme le régime de

température, le régime des précipitations, le régime d'humidité du sol, la salinité du sol, etc.

Trois types topologiques d'ordination des communautés naturelles ont été proposés :

Ordination des paysages ou ordination le long d'une catena — Proposée en premier par Dimo et Keller (1907), cette méthode reconnaît une série de communautés naturelles, dite « série écologique », le long de gradients environnementaux. Elle a été perfectionnée par Sukachev (1915) et appliquée plus tard dans de nombreuses classifications en tant que méthode d'analyse complémentaire.

Ordination « zonale » — Des communautés naturelles qui sont normalement éloignées les unes des autres sont ordonnées en séries « zonales » le long de gradients climatiques. Cette méthode est utilisée surtout dans les classifications physionomiques. Beard (1944) a proposé le terme « *formation series* » (série de formations) pour ce type d'ordination.

Ordination le long de zones verticales dans les montagnes — Ce type d'ordination est intermédiaire entre les deux premiers. Il est associé à de nombreux systèmes de classification.

4.6 Approche d'ordination et classification de Ramensky

Une approche très différente de toutes les autres a été élaborée par Ramensky (1910, 1925, 1952), promoteur du concept du continuum de la végétation (voir 4.5). Selon ce dernier, toutes les espèces choisissent de manière indépendante des habitats qui leur conviennent en fonction de leurs besoins quant aux paramètres environnementaux : humidité, lumière, température, aération du sol, salinité, etc. Elles ont des limites et des optimums qui leur sont propres le long des gradients de ces paramètres. Ramensky a donc mis au point une méthode d'ordination dont il s'est servi pour ordonner la majorité des espèces communes de graminées de la Russie européenne le long de neuf à onze gradients environnementaux en utilisant une échelle de 100 degrés pour chaque paramètre.

Ramensky a utilisé cette technique d'ordination pour classifier simultanément les associations de prairies et leurs sites. Il a choisi des espèces à large amplitude écologique, comme *Festuca elatior* (fétuque des prés) et *Deschampsia caespitosa* (deschampsie cespiteuse), pour définir les niveaux hiérarchiques supérieurs de sa classification. Ces espèces peuvent pousser dans une gamme relativement étendue de conditions environnementales. Pour les niveaux inférieurs de sa classification, il a choisi des espèces plus exigeantes quant aux conditions environnementales. Les noms des associations de Ramensky sont ainsi une suite de noms d'espèces, présentées dans l'ordre de leur amplitude écologique, de la plus grande à la plus faible. À la fin des années 1960, la classification de Ramensky était appuyée par une volumineuse base de données reposant sur plus de 20 000 relevés ou descriptions de parcelles. Ces données ont été obtenues à des endroits dispersés dans différentes zones naturelles de Russie, sauf dans la toundra et dans la taïga nordique.

Une des idées importantes de Ramensky était, qu'après l'ordination des espèces communes le long de gradients environnementaux, on pourrait évaluer quantitativement les paramètres environnementaux d'un site à partir de sa végétation. En fait, sa classification est une classification des sites, qui utilise de nombreuses composantes de la végétation pour évaluer les conditions de l'environnement.

Ce n'est que dans les années 1960, après son adoption comme classification normalisée des pâturages naturels et des prairies de fauche par le ministère russe de l'Agriculture, que la classification de Ramensky a été reconnue par d'autres écoles. Jusqu'à récemment, toutes les prairies en Russie étaient inventoriées et cartographiées suivant cette approche. Celle-ci est présentée à la Figure 5.

Presque tous les travaux de Ramensky ont été publiés en russe ou en allemand. Dans la littérature anglaise, on trouvera un exposé de son approche dans l'ouvrage de Sobovev et Utechin (1973).

4.7 Classifications composites

4.7.1 Classifications basée sur la dominance structurale et la phytotopologie avec régionalisation

En combinant la classification basée sur la dominance structurale de Sukachev, la classification phytotopologique de Pogrebnyak et une régionalisation naturelle, une classification normalisée des écosystèmes forestiers a été élaborée en Russie pour s'appliquer à toutes les terres forestières, qu'elles soient en terrain montagneux ou plat (Vorobyev, 1953, 1960). La classification écologique des forêts de Vorobyev comporte trois grands axes taxonomiques :

1. **Type d'édaphotope**, ou de site forestier – Les édaphotopes correspondent à des sites similaires sur les plans du sol et de l'hydrologie. Comme nous l'avons mentionné précédemment, 24 édaphotopes majeurs ont été définis, et certains ont été subdivisés en variantes exprimant des influences particulières : dynamique hydrique, salinité, acidité et facteurs perturbants récurrents, comme l'inondation. Les variantes peuvent être subdivisées en morphes en fonction de la texture du sol et de l'escarpement des pentes. L'emplacement des types d'édaphotope dans un paysage peut varier sous des climats différents. Les édaphotopes qui présentent des conditions moyennes, ni trop favorables ni trop restrictives (paysages de position mésique selon Vysotsky [1909]), sont considérés correspondre à des conditions zonales moyennes et sont donc appelés « types zonaux ».

2. **Type de forêt** – Ce terme s'applique ici non seulement à la végétation actuelle, mais aussi à tous les dérivés de la végétation zonale potentielle pouvant pousser dans l'édaphotope sous les conditions climatiques de la région considérée. Il reflète le

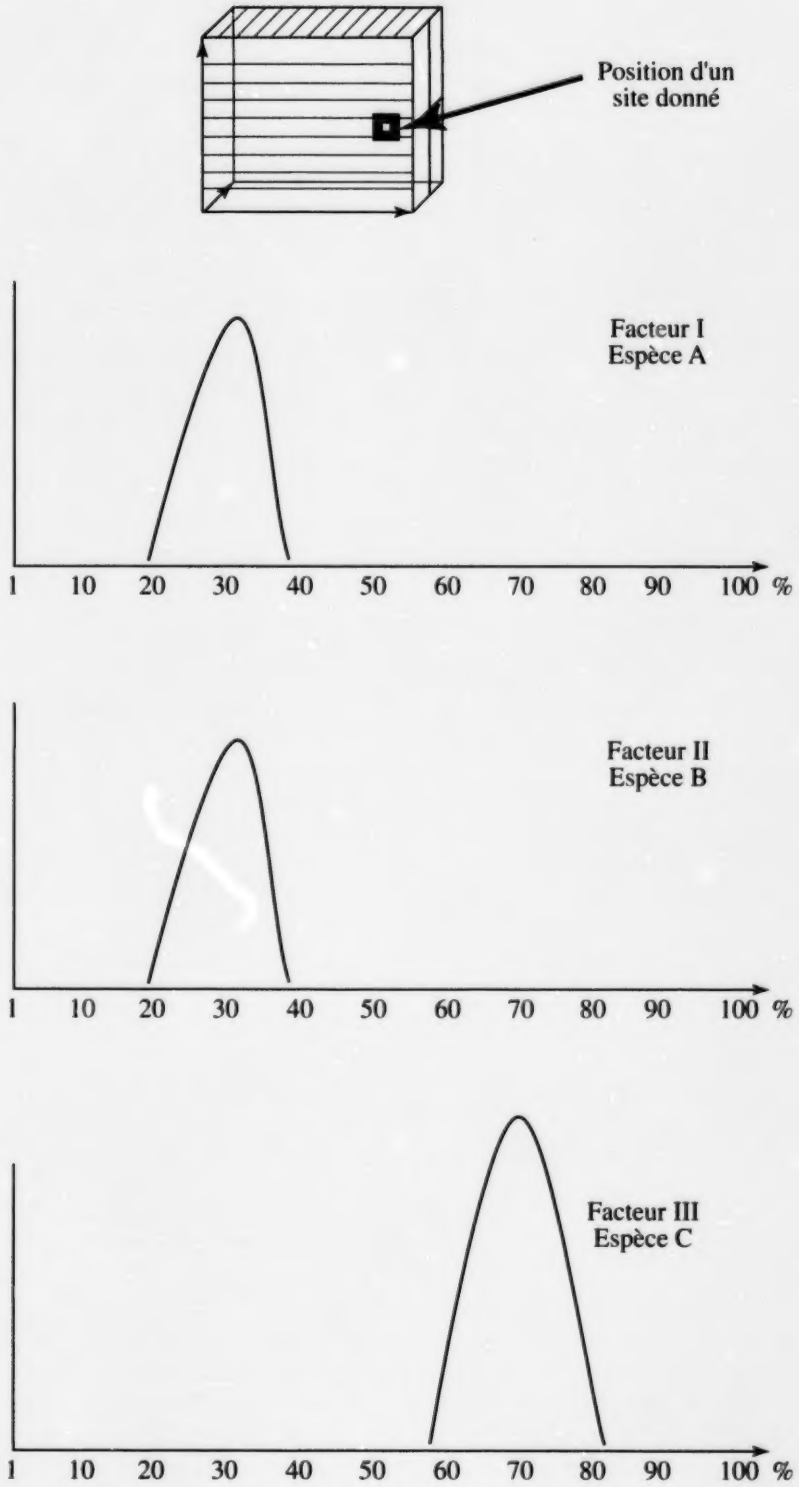

Figure 5. Position d'un site donné dans un espace trifactoriel selon l'approche de Ramensky

concept de végétation zonale de Dokuchaev (1883), mais a été défini pour englober une gamme de groupes de communautés végétales correspondant à une gamme d'édaphotopes dans chaque région climatique. Le type de forêt comprend donc la végétation climacique et tous ses dérivés pour un édaphotope particulier. À la différence de ce dernier, qui ne reflète que les conditions pédologiques et hydrologiques, le type de forêt regroupe les écosystèmes en fonction du sol, de l'hydrologie et du climat. À chaque région naturelle est rattaché un groupe particulier de types de forêt. Par comparaison à d'autres systèmes de classification, on peut dire que la sous-classification des types forestiers de Vorobyev est, en fait, une classification de la végétation potentielle qui reconnaît plusieurs types climaciques possibles pour chaque région. C'est une classification des sites qui définit chaque type de site par un type de végétation potentielle.

Pour établir une liste des types forestiers, on a recherché dans toutes les régions climatiques les forêts mûres et surâgées ne présentant aucun signe d'aménagement ou de perturbation récente. L'idée était que les plus vieilles associations forestières poussant dans les différents édaphotopes et leurs variantes et morphes devaient représenter les types de végétation potentielle ou climacique (Clements, 1916). Cette approche découle de l'hypothèse que, avec le temps, la végétation poussant dans des édaphotopes similaires tend à s'approcher des types climaciques si rien ne l'en empêche. La méthode de Sukachev a généralement été appliquée pour déterminer les associations de types forestiers; la productivité de la forêt a également été considérée.

Dans les plaines, on a ordinairement un type forestier (rarement deux) correspondant à chaque cellule d'édaphotope. Dans les montagnes, toutefois, le nombre de types forestiers correspondant à chaque cellule peut être plus élevé en raison de la combinaison de facteurs locaux qui peuvent interagir pour créer des microclimats particuliers.

Les types forestiers peuvent être cartographiés sans tenir compte de la végétation réelle. Les cartes ainsi obtenues ont été utilisées comme outils pour l'élaboration de stratégies d'aménagement.

3. **Type de peuplement** – Ce terme est utilisé pour désigner la végétation existante, qui peut être d'origine naturelle, résulter d'activités passées d'aménagement ou refléter d'autres influences humaines. Les types de peuplement (associations forestières ou types dominants) ont été déterminés dans cette classification selon la méthode de Sukachev, notamment d'après la dominance structurale qui consiste à déterminer dans chaque strate l'espèce dominante, dite édificatrice. Les types de peuplement sont réunis en familles. Certains types peuvent coïncider aux types de forêt; d'autres sont considerés comme des dérivés.

Cette classification des forêts est étroitement liée à la division physiographique (régionalisation) de la Russie. Tout le pays a été divisé en zones, provinces et régions naturelles climatiquement homogènes, et, pour chacune de ces régions naturelles, les types forestiers s'y rattachant ont été déterminés. La classification des types de peuplement a été faite pour tout le pays. Ce type de combinaison d'une classification fondée sur les éléments avec une régionalisation est illustré à la figure 11; il en sera de nouveau question à la section 6.5.

Dans la pratique, de nombreuses espèces indicatrices ont été utilisées pour définir les édaphotopes et les types forestiers. Dans toute la Russie, plus de 1 600 espèces de plantes forestières (arbres, arbustes, arbrisseaux, plantes herbacées, mousses et lichens) ont été reconnues en tant qu'espèces indicatrices. Certaines sont utilisées dans certaines régions, mais non dans d'autres. Des centaines de personnes, la plupart rattachées à des établissements scientifiques et à l'organisme d'État « Lesoproect », responsable des inventaires forestiers, ont participé à ce travail de classification.

4.7.2 Classifications floristiques–physionomiques

Nous avons expliqué précédemment (section 4.5) pourquoi les communautés végétales devraient être choisies pour déterminer les communautés naturelles. Beard (1973) s'est penché sur la nécessité de combiner les approches floristiques et physionomiques en une seule classification qui serait applicable aux échelles locale et internationale.

Les écologistes ont reconnu depuis longtemps que, appliquées seules, les approches floristique et physionomique ont des limites qui leur sont propres. L'approche floristique convient lorsque la région d'étude présente une végétation relativement similaire et est donc mieux adaptée aux échelles locale et régionale. Aux plus grandes échelles (macrorégionale et mondiale), elle ne permet pas d'organiser les niveaux hiérarchiques supérieurs en un nombre restreint de types écologiquement significatifs. Par contre, les unités physionomiques possèdent, aux échelles plus générales, des caractéristiques écologiques communes quelles que soient les espèces qui la composent. C'est ce qui explique que les classifications physionomiques fonctionnent bien aux échelles macrorégionale et mondiale, mais ne sont pas assez détaillées aux échelles locale et régionale. On a donc pensé à combiner les deux approches pour profiter des avantages de chacune, à unir en une seule les classifications à petite et à grande échelle. Les premières tentatives d'établir une classification hiérarchique combinant les deux approches datent du dix-neuvième siècle. Hampus von Post (1851) a produit l'une des premières classifications de ce genre pour le centre de la Suède. Cependant, durant la majeure partie du vingtième siècle, aucune classification floristicophysionomique bien développée n'a vu le jour, quoique certaines classifications floristiques aient intégré les niveaux physionomiques les plus élevés. Les forces d'impulsion nécessaires pour s'attaquer à la tâche d'établir une seule classification applicable autant sur une petite superficie que sur un immense territoire à l'échelle macrorégionale ont fait défaut. Le facteur limitant était la disponibilité de données recueillies et classifiées de façon uniforme au niveau

floristique le plus bas. Le processus d'unification des unités floristiques inférieures a débuté dans les années 1980 en Europe, en Russie et aux États-Unis (voir 4.2.1). Dans ce dernier pays, des progrès considérables ont pu être réalisés lorsque The Nature Conservancy, organisation internationale non gouvernementale vouée à la protection de la biodiversité, a décidé de combiner ces unités floristiques avec les niveaux physionomiques supérieurs (Grossman *et al.*, 1994).

4.7.2.1 Classification internationale des communautés écologiques — L'organisation The Nature Conservancy (TNC), en collaboration avec un réseau de programmes relatifs au patrimoine (*Heritage Programs*) ainsi que les centres de données sur la conservation et l'Association pour la diffusion de l'information sur la biodiversité (*Association for Biological Information* [ABI]), s'est attaquée à l'élaboration d'une classification internationale des communautés écologiques (Grossman *et al.*, 1998). Le système existe sous diverses formes depuis plus de 25 ans. L'élaboration de cette classification, connue sous le nom d'« International Classification of Ecological Communities » (ICEC), a été stimulée par le besoin pratique d'un outil d'aide à la décision en matière de conservation. TNC a le mandat de préserver la biodiversité, comprenant les espèces de tous les groupes taxonomiques et de toutes les communautés écologiques. Pour faciliter les décisions sur les sites à préserver, une classification normalisée des communautés écologiques applicable à l'échelle locale et faisant une large place à l'information sur la biodiversité a été considérée comme un outil indispensable. Dans le système de l'ICEC, la classification de la végétation représente la composante de base; pour des raisons déjà mentionnées (section 4.7.2), elle utilise à la fois des critères physionomiques et floristiques. Entièrement mis au point aux États-Unis, ce système a été adopté comme système national de classification de la végétation (*U.S. National Vegetation Classification System* [US-NVC]). Le contexte dans lequel il a été élaboré est similaire à celui qui existe actuellement au Canada. De nombreuses classifications locales avaient déjà été établies dans différentes parties du pays. Beaucoup de ces classifications avaient été produites dans le cadre des programmes des États sur le patrimoine naturel (*Natural Heritage Programs*), mis sur pied par TNC de concert avec les gouvernements des États pour réaliser des inventaires écologiques afin de cerner les habitats naturels de haute qualité, par exemple dans les États de l'Illinois (White et Madany, 1978), du Missouri (Nelson, 1985), de New York (Reschke, 1990) et de la Caroline du Nord (Schafale et Weakley, 1990). Elles utilisaient une combinaison de caractéristiques physionomiques, floristiques et abiotiques pour déterminer leurs éléments. Bien qu'elles fonctionnaient bien au niveau de chaque État, ces classifications n'étaient pas cohérentes entre elles, rendant difficile leur utilisation pour la priorisation des efforts de conservation aux échelles nationale et internationale. Cela a fait ressortir le besoin d'une classification nationale, et encore plus internationale, des communautés écologiques qui aurait une résolution élevée localement et engloberait autant que possible les classifications locales. L'élaboration du système de l'ICEC a représenté un long processus qu'ont dirigé TNC et l'ABI et qui a reposé sur des collaborations multiples. Notamment, des représentants des Natural Heritage Programs et d'organismes gouvernementaux des États-Unis, ainsi que de plusieurs institutions scientifiques, y ont participé.

Un objectif clé de cette entreprise était d'élaborer un système qui fonctionnerait aux États-Unis, mais serait également applicable à l'échelle internationale. TNC a choisi de travailler à partir d'une classification physionomique, la classification internationale de la végétation de l'UNESCO (UNESCO, 1973; voir également 4.1.1). Plusieurs facteurs expliquent sa décision. Premièrement, la classification de l'UNESCO est issue de la collaboration de scientifiques de plusieurs pays, qui réunissaient des compétences considérables dans le domaine de la végétation, et elle a été utilisée dans de nombreuses parties du monde. Deuxièmement, elle a une structure hiérarchique qui permet son utilisation à diverses échelles de perception selon le niveau de détail disponible ou requis. Troisièmement, ses unités sont des formations de végétation, c'est-à-dire des types de végétation définis par leur physionomie, et des critères clairs sont fournis pour leur identification. Le système crée donc des unités normalisées facilement identifiables qui peuvent s'appliquer à beaucoup de régions de la planète. Enfin, les niveaux de classification des formations de l'UNESCO sont associés à des critères écologiques (climat, topographie et hydrologie en particulier) qui aident à mieux définir les unités sur le plan géographique.

L'ABI et TNC ont apporté certaines modifications à la classification de l'UNESCO pour améliorer la représentation des conditions physionomiques et permettre des liens plus cohérents avec les niveaux floristiques, non compris dans la classification de l'UNESCO. Un niveau supplémentaire a été ajouté entre la « formation » et le « groupe » pour mieux distinguer la végétation cultivée (champs de maïs, plantations, etc.) et la végétation naturelle. Pour les niveaux inférieurs (associations et alliances), le système de l'ICEC utilise des unités floristiques, selon une approche similaire à de nombreux égards à celle de Braun-Blanquet. Ces unités floristiques sont emboîtées dans les unités physionomiques. Le schéma des niveaux hiérarchiques de l'ICEC est présenté au tableau 1 (Grossman *et al.*, 1998). Pour élaborer la partie américaine (États-Unis) de l'ICEC, en plus de puiser abondamment dans des sources secondaires, comme les classifications des Heritage Programs, les classifications des types d'habitat et de nombreux articles publiés, l'ABI et TNC ont effectué un certain nombre de relevés sur le terrain et d'analyses de données afin d'établir une première approximation des unités floristiques.

La partie américaine de l'ICEC a fait l'objet de nombreuses applications aux États-Unis. Elle est notamment utilisée dans le

Tableau 1. Niveaux hiérarchiques de la classification nationale de la végétation des États-Unis (US-NVC) (Grossman *et al.*, 1998)

Niveau	Principaux critères de classification	Exemple
Classe	Forme de croissance et structure de la végétation	Forêt claire
Sous-classe	Caractéristiques de la forme de croissance, comme la phénologie du feuillage	Forêt claire décidue
Groupe	Type de feuillage, en correspondance avec le climat	Forêt claire décidue en saison froide
Sous-groupe	Impact humain relatif (végétation naturelle/semi-naturelle ou cultivée)	Végétation naturelle/ semi- naturelle
Formation	Facteurs physionomiques et environnementaux additionnels, incluant l'hydrologie	Forêt claire décidue en saison froide, temporairement inondée
Alliance	Espèces diagnostiques/dominantes de la strate supérieure ou dominante	Alliance à *Populus deltoides* de la forêt claire décidue temporairement inondée
Association	Espèces diagnostiques/dominantes additionnelles dans toutes les strates	Forêt claire à *Populus deltoides (Salix amygdaloides)/ Salix exigua*

Gap Analysis Program[2] (GAP) de l'U.S. Geological Survey (Jennings, 1993) et dans le programme de cartographie de la végétation des parcs nationaux du National Biological Service et du National Park Service (Grossman *et al.*, 1994). De concert avec la classification écologique du territoire de l'U.S. Forest Service, l'US-NVC a été employée pour caractériser la composante végétale des unités écologiques du territoire (Keys *et al.*, 1995), attestant son applicabilité dans le contexte d'une classification écologique du territoire. En 1997, elle a été adoptée par le gouvernement des États-Unis en tant que norme du Federal Geographical Data Committee (FGDC) pour la classification de la végétation et l'information connexe (même si seulement la description des niveaux physionomiques supérieurs était alors complète). De ce fait, elle est devenue la norme nationale devant être appliquée par les organismes fédéraux des États-Unis pour la communication de toutes les données sur la végétation (FGDC, 1997). Au milieu des années 1990, l'Ecological Society of America (ESA) a reconnu l'US-NVC comme outil de base pour l'élaboration de normes détaillées pour la classification de la végétation des États-Unis. Elle participe depuis aux efforts continus de perfectionnement de la classification et à la définition des normes s'y rapportant (Loucks, 1996; Glenn-Lewin, 1999).

Ailleurs, le système de l'ICEC a été appliqué dans d'autres pays de l'hémisphère occidental, comme le Mexique, Puerto Rico, la Jamaïque et Cuba, en plus du Canada. Comme nous l'avons déjà indiqué, l'appui de l'ABI et de TNC aux centres de données sur la conservation du Canada a débouché sur une collaboration directe pour encourager le développement du système dans ces pays.

5. Classifications canadiennes

5.1 Classification écologique du territoire (CET)[3]

Il s'agit de la classification de type régionalisation la plus détaillée à l'échelle du Canada. Son élaboration a représenté un

[2] Le *National Gap Analysis Program* (GAP) représente le premier effort aux échelles régionale (États) et nationale pour produire une série de cartes à jour de la végétation et de l'occupation du territoire à partir de l'imagerie satellitaire (Scott *et al.*, 1993). Les produits de ce programme comprennent une carte de la végétation naturelle existante au niveau des espèces dominantes et codominantes (alliances ou groupes d'alliances). L'US-NVC a été adoptée à cette fin.

[3] Le terme « classification écologique du territoire » est utilisé dans trois sens différents, indiqués ci-dessous; dans ce rapport, nous l'utilisons dans son deuxième sens.

1. Terme générique désignant une « grille » hiérarchique spatiale (Sims *et al.*, 1996) qui divise successivement des unités de territoire de niveau hiérarchique supérieur en unités de niveau inférieur; autrement dit, une classification écologique du territoire est une division hiérarchique du paysage.
2. Système hiérarchique proposé par le Comité canadien de la classification écologique (biophysique) du territoire en 1978, qui comportait quatre niveaux hiérarchiques, appelés actuellement « écorégion », « écodistrict », « écosection » et « écosite » (LeSauteur et Savoie, 1980). Trois autres niveaux, l'écozone, l'écoprovince et l'écoélément, ont été ajoutés plus tard aux niveaux plus élevés et plus bas de la hiérarchie (Groupe de travail du Service de la conservation de l'environnement, 1981; Ironside, 1991).
3. Combinaison dans un même schéma hiérarchique d'une division du territoire et d'une classification classique (basée sur les éléments), avec certaines autres activités (Lee *et al.*, 1998).

long processus qui a débuté avec l'établissement du programme de l'Inventaire des terres du Canada en 1963. En 1976, le Comité canadien de la classification écologique du territoire a été créé pour encourager la mise au point de ce système (Ironside, 1989). Comme l'a indiqué Welch, en 1978, l'approche a consisté à découper tout le paysage en unités contiguës écologiquement significatives, en utilisant pour les délimiter un nombre limité de caractéristiques diagnostiques.

Il n'y a pas de facteur « prépondérant » dans le découpage des unités écologiques aux différents niveaux hiérarchiques. Les critères aux différents niveaux sont relativement similaires, comme l'indique les définitions des unités (Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995) :

Écozone – région de la surface terrestre représentative de grandes unités écologiques très généralisées caractérisées par des facteurs biotiques et abiotiques en interaction et adaptation constantes.

Écorégion – partie d'une écoprovince, caractérisée par des facteurs écologiques particuliers, en matière de climat, de physiographie, de végétation, de sol, d'eau, de faune et d'utilisation des terres.

Écodistrict – partie d'une écorégion, caractérisée par des assemblages particuliers en matière de relief, de géologie, de géomorphologie, de sols, de végétation, d'eau, de faune et d'utilisation des terres.

Les différents niveaux de la CET correspondent aux échelles auxquelles les unités peuvent être cartographiées (Wiken *et al.*, 1981) :

Écoprovince	1:5 000 000	à	1:10 000 000
Écorégion	1:3 000 000	à	1:5 000 000
Écodistrict	1:500 000	à	1:1 000 000
Écosection	1:50 000	à	1:250 000
Écosite	1:10 000	à	1:25 000
Écoélément	1:2 000	à	1:5 000

La principale application de la CET est comme cadre spatial pour l'organisation d'un réseau de surveillance et la communication d'information sur l'environnement. On peut « considérer le cadre comme un répertoire et les unités écologiques comme un ensemble complet de fichiers d'information » (Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995).

Le Canada est divisé en écozones et, aux niveaux hiérarchiques intermédiaires, en écorégions et écodistricts. Les niveaux hiérarchiques inférieurs (écosection, écosite et écoélément) n'ont pas été déterminés pour l'ensemble du pays (Wiken, 1986; Groupe de travail sur les écorégions, Comité canadien de la classification écologique du territoire, 1989; Wiken *et al.*, 1993; Ecological Stratification Working Group, 1993; Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995; Commission de coopération internationale, 1997). La terminologie pour les niveaux inférieurs ne correspond pas toujours à celle proposée par le Groupe de travail sur la stratification écologique. En Saskatchewan, par exemple, le terme « ecological area » est utilisé à la place d'« écodistrict ».

5.2 Systèmes de régionalisation écologique provinciaux

Des provinces canadiennes ont élaboré des systèmes de régionalisation écologique. Certains sont compatibles avec la CET; d'autres ont des unités cartographiques qui ne correspondent à celles de la CET.

Voici quelques exemples de systèmes provinciaux de régionalisation écologique :

- classification des écorégions du ministère de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique, incluant écodomaines, écodivisions, écoprovinces, écorégions et écosections (Demarchi, 1988, 1991);
- classification zonale ou climatique, faisant partie de la classification biogéoclimatique des écosystèmes de la Colombie-Britannique et incluant les subdivisions suivantes : zone biogéoclimatique, sous-zone biogéoclimatique, variante biogéoclimatique et phase biogéoclimatique (Pojar *et al.*, 1987);
- système de classification des régions naturelles de l'Alberta (Achuff et Wallis, 1977; Alberta Environmental Protection, 1994);
- classification des écorégions de l'Alberta (Strong et Leggat, 1981);
- divisions physiographiques de la forêt du Nord de la Saskatchewan (Ellis et Clayton, 1970);
- classification écologique de l'Ontario de Hills (Hills, 1952 et 1961);
- cadre écologique de référence du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (Li *et al.*, 1994; Ducruc *et al.*, 1995);
- classification écologique du Québec (Saucier *et al.*, 1998a; Saucier *et al.*, 1998b; Bergeron *et al.*, 1998);
- classification des régions écologiques du Nouveau-Brunswick (van Groenewoud, 1984);
- écorégions et sous-régions de l'île de Terre-Neuve (Damman, 1983).

5.3 Autres divisions écologiques du territoire

Rowe (1972) a établi une régionalisation pour la forêt canadienne qui divise le pays en huit régions, puis en 99 districts. Certaines classifications provinciales des écosystèmes forestiers utilisent les régions forestières de Rowe comme unités territoriales de base. Le Groupe de travail national sur les terres humides a défini les régions de terres humides du Canada (National Wetlands Working Group, 1986). Dans ces deux divisions, les unités de territoire ne correspondent pas à celles de la CET.

5.4 Système canadien de classification de la végétation (SCCV), Première approximation

En 1990, le Groupe de travail national sur la végétation du Comité canadien de la classification écologique du territoire a proposé un cadre pour une classification canadienne des communautés végétales (Groupe de travail national sur la végétation, 1990).

La classification proposée comporte sept niveaux hiérarchiques (tableau 2), définis d'après la physionomie de la communauté, les espèces dominantes et d'autres critères floristiques. Les quatre niveaux physionomique supérieurs (I à IV) ont été définis; pour les trois autres niveaux inférieurs (V à VII), qui reposent sur des critères floristiques, seulement des lignes directrices générales ont été données. Les auteurs affirment que « en raison des permutations possibles des espèces et de l'état actuel des connaissances en matière de végétation à l'échelle nationale, il est impossible de décrire la végétation des niveaux V à VII de façon détaillée ». Les quatre niveaux supérieurs de cette classification correspondent à la classification physionomique mondiale des formations végétales établie par Fosberg (1961). Les classes du niveau I sont les suivantes : (1) peuplement dominé par les arbres; (2) peuplement dominé par les arbustes; (3) peuplement dominé par les plantes herbacées; (4) peuplement dominé par les plantes non vasculaires. Le niveau II est divisé suivant la phénologie du feuillage (décidus, feuillage persistant, etc.) ou le groupe taxonomique prédominant. Les deux niveaux suivants (III et IV) sont divisés en classes d'après des critères quantitatifs précis (recouvrement et hauteur). Les trois niveaux floristiques inférieurs correspondent jusqu'à un certain point au système de Braun-Blanquet. Ainsi, le niveau V est établi en fonction des espèces dominantes ou codominantes et correspond en partie, comme le disent les auteurs, à l'« alliance » du système de Braun-Blanquet. Le niveau VI rend compte des différences majeures de la végétation du sous-étage; le niveau VII, des différences majeures concernant une ou plusieurs espèces du sous-étage, et il devrait généralement correspondre à l'association ou à la sous-association de Braun-Blanquet (Groupe de travail national sur la végétation, 1990). Aucune classe n'a été proposée pour les trois niveaux inférieurs, mais les auteurs ont voulu formuler des recommandations assez précises à l'intention des futurs chercheurs qui pourraient s'attaquer à leur définition. Voir également 6.4.

5.5 Classification des terres humides du Canada

Cette classification a été élaborée par le Groupe de travail national sur les terres humides (1987). Elle s'appuie sur une classification hiérarchique à quatre niveaux, proposée par Zoltai *et al.*, (1975), qui a été modifiée par la suite et fondue avec plusieurs classifications régionales. La classification des terres humides du Canada comporte actuellement trois niveaux hiérarchiques :

Classes de terres humides — déterminées d'après l'origine générale de l'étendue humide considérée et le processus hydrologique dominant.

Formes de terres humides — déterminées par la morphologie de la surface, le modelé, le type d'eau et la morphologie du sol minéral sous-jacent.

Types de terres humides — reconnus d'après la physionomie de la végétation.

Tableau 2. Niveaux hiérarchiques de la première approximation du Système canadien de classification de la végétation (SCCV), avec un exemple tiré du document produit par le Groupe de travail national sur la végétation (1990)

Niveau	Principaux critères de classification	Exemple
I	Forme de croissance et structure de la végétation	Arbre
II	Caractéristiques de la forme de croissance, comme la phénologie du feuillage	Arbre décidu
III	Recouvrement total du peuplement	Fermé
IV	Hauteur	Haut
V	Espèces dominantes et codominantes de la strate supérieure	Peuplier baumier, *Populus balsamifera* L.
VI	Espèces et formes de croissance dominantes et codominantes du sous-étage	Peuplier baumier/amélanchier, *Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt.
VII	Espèces diagnostiques/dominantes additionnelles du sous-étage	Peuplier baumier/ amélanchier/ viorne comestible, *Viburnum edule* (Michx.) Raf.

5.5.1 Classifications régionales des terres humides

La classification canadienne susmentionnée des terres humides a intégré plusieurs classifications régionales hiérarchiques produites auparavant. Mentionnons à titre d'exemple la classification des terres humides des prairies de l'Ouest canadien, établie par Millar (1976), celle des milieux humides du Québec, de Couillard et Grondin (1986), et celle des terres humides de l'Ontario, de Jeglum *et al.* (1974). Une classification des terres humides du Nord-Ouest de l'Ontario a été produite plus récemment par Harris *et al.* (1996). Elle a été intégrée dans la classification des écosites terrestres et humides du Nord-Ouest de l'Ontario (Racey, 1996; voir aussi section 5.10.5.2). Des critères physionomiques et floristiques ont été utilisés pour certains niveaux hiérarchiques de ces classifications.

Wells (1996) a produit une classification des tourbières ne considérant que la végétation selon la méthode de Braun-Blanquet pour la région canadienne de l'Atlantique.

5.6 Classifications canadiennes des sols

La Commission canadienne de pédologie (1978) a élaboré une classification nationale classique (basée sur les éléments) des sols. Elle comporte quelques niveaux hiérarchiques qui sont définis d'après la composition du sol et la présence de certains horizons génétiques. Cette classification est utilisée pour la classification des sites dans la classification des écosystèmes forestiers de Terre-Neuve (voir 5.10.8.1), mais son arrangement n'est pas idéal pour une telle utilisation. Les propriétés génétiques des sols reflètent les processus de leur genèse et n'exercent pas nécessairement une influence déterminante sur les paramètres d'intérêt pour la fonction de substrat de la végétation (édaphotope). C'est ce qui a motivé des efforts entrepris pour élaborer des classifications écologiques spéciales des sols qui refléteraient leur rôle de substrat pour les communautés végétales. En fait, des classifications de ce genre ont été établies dans le cadre de certaines classifications des écosystèmes forestiers (voir 5.10).

5.7 Inventaires forestiers

Les ministères provinciaux et territoriaux des forêts effectuent des inventaires forestiers combinant interprétation de photos aériennes et détermination de certaines caractéristiques sur le terrain. Par exemple, la Direction des forêts du ministère de l'Environnement et de la Gestion des ressources de la Saskatchewan détermine les associations générales des arbres, les essences principales et secondaires d'après le volume de bois par unité de superficie (Frey, 1981). Elle produit des cartes de mise à jour des inventaires forestiers, lesquels ne considèrent généralement pas l'ensemble de la végétation, mais plutôt surtout les arbres (Lowe *et al.*, 1996).

5.8 Inventaires de la végétation dans les parcs nationaux

Les parcs nationaux du Canada possèdent des cartes détaillées de la végétation qui s'y trouve (Edlund, 1991, par exemple). Malheureusement, les inventaires de la végétation n'ont pas été réalisés en appliquant une méthode normalisée cohérente, de sorte qu'il est maintenant impossible d'analyser à l'échelle nationale la distribution des types de végétation dans les parcs nationaux, bien que des groupes de parcs aient été inventoriés selon des approches cohérentes. Certains parcs nationaux sont situés dans des régions éloignées qui n'ont fait l'objet d'aucune autre classification (notamment les parcs nationaux Wapusk au Manitoba et Île-d'Ellesmere au Nunavut, et beaucoup d'autres); jusqu'à présent, leurs inventaires de la végétation représentent à peu près la seule information disponible sur la végétation d'immenses étendues du territoire avoisinant.

5.9 Projets de cartographie de la végétation dans le Nord du Canada

Plusieurs projets de cartographie de la végétation ont été entrepris au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest à la fois pour les terrains boisés et la toundra. Les légendes des cartes produites ont été établies en considérant une combinaison de caractéristiques physionomiques et floristiques discernables sur les images du capteur TM de Landsat (ordinairement le type de couvert forestier) et en s'appuyant sur certains travaux sur le terrain; par exemple, dans le cas de la région du Sahtu, 39 classes de végétation ont été reconnues (L. Robinson, communication personnelle). La majeure partie de ce travail a été effectuée ces dernières années pour différentes régions faisant l'objet de revendications territoriales. Dans les Territoires du Nord-Ouest, les efforts ont été coordonnés par le ministère territorial des Ressources, de la Faune et du Développement économique. En 1997, ce ministère a adopté une approche de classification, et la plupart des projets de cartographie suivent cette approche. Toutefois, plusieurs études ont été réalisées par d'autres organismes. Leurs classifications pourraient différer de l'approche du ministère.

5.10 Classifications écologiques des forêts (CEF)

Les premières classifications des écosystèmes forestiers au Canada ont été produites selon l'approche de Braun-Blanquet (Dansereau, 1959; Linteau, 1959). Plus récemment, presque toutes les provinces canadiennes ont établi leurs propres classifications écologiques des forêts, lesquelles utilisent une combinaison de critères relatifs à la flore et aux sites pour reconnaître leurs éléments. Ces classifications ont différents noms, mais nous les appellerons, pour des raisons d'uniformité, « classifications des écosystèmes forestiers » ou « CEF ». Bien que ces classifications aient de nombreuses similarités, elles peuvent avoir des structures

différentes; elles ne peuvent pas être réunies facilement dans une même classification nationale. Plusieurs ont été élaborées par les ministères provinciaux des Ressources naturelles en collaboration avec le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada. Une comparaison des classifications provinciales des écosystèmes forestiers est présentée à la section 5.11 et au tableau 4.

5.10.1 Colombie-Britannique

5.10.1.1 Classification biogéoclimatique des écosystèmes forestiers du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique — La Biogeoclimatic Ecosystem Classification (BEC) de la Colombie-Britannique constitue probablement le système de classification écologique des forêts le plus poussé au Canada. Elle comporte quatre classifications quasi indépendantes : classification du climat, classification de la végétation, classification des sites et classification des séries évolutives (successions). Ce système a été conçu par Krajina (1959, 1965, 1969) et développé de façon systématique plus tard par le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique (Pojar *et al.*, 1987; Delong *et al.*, 1990; Lloyd *et al.*, 1990a et 1990b; Meidinger et Pojar, 1991; Braumandl et Curran, 1992a, 1992b; Banner *et al.*, 1993a, 1993b; Delong *et al.*, 1993, 1994; Green et Klinka, 1994; Steen et Coupe, 1997a, 1997b).

Classification du climat — Cette classification divise la Colombie-Britannique en zones biogéoclimatiques en fonction des conditions climatiques prédominantes. Elle a deux niveaux hiérarchiques inférieurs : sous-zones biogéoclimatiques et variantes biogéoclimatiques. Ces dernières peuvent aussi être divisées en phases biogéoclimatiques, bien que cela ne soit pas une subdivision officielle de la BEC. Cette classification est considérée comme une classification du climat, mais ce ne sont pas, à proprement parler, des caractéristiques du climat qui définissent et délimitent les unités biogéoclimatiques, mais plutôt la végétation dite zonale. Il s'agit en fait d'une division climatique du territoire basée sur la végétation.

Classification de la végétation — Cette classification est basée sur la classification floristique de Braun-Blanquet (Westhoff et van der Maarel, 1980). Quatre niveaux hiérarchiques sont définis : associations, alliances, ordres et classes. Les associations peuvent également être divisées en sous-associations. Pour des raisons pratiques, ce sont surtout des écosystèmes de fin de succession qui ont été étudiés et classifiés selon ce système, quoique les peuplements plus jeunes et la végétation préclimacique peuvent y être ajoutés facilement. Il s'agit d'une classification classique, basée sur les éléments. Elle est applicable à toute la province.

Classification des sites — Les sites sont classifiés dans chacune des sous-zones ou des variantes biogéoclimatiques. Plusieurs classifications des sites sont utilisées. Chacune s'applique dans des aires géographiquement distinctes, et toutes sont basées sur les mêmes principes.

Les unités de site (*site units*) représentent des groupes de sites équivalents quant aux propriétés environnementales et à la végétation potentielle. L'unité de base de la classification des sites est la série de site (*site series*). Une série de site correspond à une association végétale climacique potentielle dans chaque sous-zone et variante climatique. Elle se subdivise en types de site (*site types*) et en phases de site (*site phases*), quoique la dernière catégorie ne fasse pas officiellement partie de la classification.

Des séries de site de différentes sous-zones et variantes climatiques sont réunies en associations de site (*site associations*) en fonction de la végétation potentielle commune.

Classification des séries évolutives (successions) — La principale application de cette classification est d'organiser les associations végétales de différents stades de succession en un système. Cette classification n'est pas encore très développée.

Les classifications climatiques et des sites ont été mises au point en étudiant les forêts mûres et surâgées.

5.10.2 Alberta

La première classification des forêts en Alberta a été établie pour le Centre-Ouest de la province (Corns et Annas, 1986). Elle a servi de base à une classification des écosites produite plus tard pour le même territoire (Beckingham et Archibald, 1996), bien que cette dernière applique des principes différents. Plusieurs autres classifications des écosites ont été élaborées en même temps pour différentes parties de l'Alberta; elles reposent toutes sur les mêmes principes que ceux de la classification des écosites du Centre-Ouest. La division du territoire définie par la classification des régions naturelles de l'Alberta (Alberta Environmental Protection, 1994) a été utilisée pour définir le champ d'application de chaque classification classique (basée sur les éléments). Les unités de territoire correspondant à chaque classification classique appartiennent à différents niveaux hiérarchiques : dans certains cas, il s'agit de sous-régions naturelles; dans d'autres, de parties de sous-régions naturelles; dans d'autres encore, de groupes de sous-régions naturelles. Les trois niveaux hiérarchiques de la classification classique sont l'écosite, la phase d'écosite et le type de communauté végétale. La classification des types de sol est indépendante; il s'agit d'une modification de la classification proposée par Sims *et al.* (1989).

Il y a au total 12 classifications uniformes des écosites, qui sont décrites en trois groupes ci-dessous.

5.10.2.1 Écosites du Centre-Ouest de l'Alberta — Les classifications de ce groupe (Beckingham *et al.*, 1996a) ont été élaborées pour des parties des régions naturelles Foothills et Rocky Mountains dans le Centre-Ouest de l'Alberta, qui se divisent en cinq sous-régions naturelles : Lower Foothills et Upper Foothills pour la région Foothills; Montane, Subalpine et Alpine pour Rocky Mountains (Beckingham *et al.*, 1996a). La sous-région naturelle Alpine n'est pas couverte par ce groupe de classifications.

Les classifications sont établies séparément pour chaque sous-région naturelle. Il y a quatre classifications des écosites :

- Classification pour la sous-région Lower Foothills. 14 écosites, 30 phases d'écosite et 74 communautés végétales;
- Classification pour la sous-région Upper Foothills. 11 écosites, 30 phases d'écosite et 65 communautés végétales;
- Classification pour la sous-région Montane. 7 écosites, 22 phases d'écosite et 36 communautés végétales;
- Classification pour la sous-région Subalpine. 8 écosites, 13 phases d'écosite et 51 communautés végétales.

5.10.2.2 Écosites du Sud-Ouest de l'Alberta — Les classifications de ce groupe (Archibald *et al.*, 1996) ont été établies pour des parties des régions naturelles Foothills et Rocky Mountains dans le Sud-Ouest de l'Alberta, qui se divisent en plusieurs sous-régions naturelles : Lower Foothills, Upper Foothills, Montane, Subalpine et Alpine. La dernière n'est pas couverte par ce groupe de classifications. Les classifications ont été établies séparément pour chaque sous-région naturelle. Il y a quatre classifications des écosites :

- Classification pour la sous-région Lower Foothills. 11 écosites, 23 phases d'écosite et 42 communautés végétales;
- Classification pour la sous-région Upper Foothills. 11 écosites, 22 phases d'écosite et 45 communautés végétales;
- Classification pour la sous-région Montane. 7 écosites, 17 phases d'écosite et 26 communautés végétales;
- Classification pour la sous-région Subalpine. 8 écosites, 13 phases d'écosite et 25 communautés végétales.

5.10.2.3 Écosites du Nord de l'Alberta — Les classifications de ce groupe (Beckingham et Archibald, 1996) couvrent les régions naturelles Boreal Forest et Canadian Shield de l'Alberta. La première est subdivisée en six sous-régions : Central Mixedwood, Dry Mixedwood, Wetland Mixedwood, Subarctic, Peace River Lowlands et Boreal Highlands. La deuxième se divise en deux sous-régions naturelles : Athabasca Plain et Kazan Uplands. Ce groupe de classifications utilisent un niveau supplémentaire de régionalisation entre la région et la sous-région : l'aire écologique (*ecological area*). Chaque aire écologique englobe une ou plusieurs sous-régions. Les classifications sont élaborées séparément pour chaque aire écologique. Les sous-régions Central Mixedwood, Dry Mixedwood, Wetland Mixedwood et Peace River Lowlands sont réunies dans l'aire écologique Boreal Mixedwood. Les sous-régions Subarctic et Boreal Highlands forment leur propre aire écologique. La région naturelle Canadian Shield représente la quatrième aire écologique. On a au total quatre classifications classiques des écosites :

- Classification pour l'aire écologique Boreal Mixedwood. 12 écosites, 25 phases d'écosite et 73 communautés végétales;
- Classification pour l'aire écologique Boreal Highlands. 10 écosites, 18 phases d'écosite et 29 communautés végétales;
- Classification pour l'aire écologique Subarctic. 8 écosites, 19 phases d'écosite et 27 communautés végétales;
- Classification pour l'aire écologique Canadian Shield. 8 écosites, 15 phases d'écosite et 20 communautés végétales.

5.10.3 Saskatchewan

5.10.3.1 Écosites des écorégions de la sous-zone Mid-Boreal de la Saskatchewan — Cette classification (Beckingham *et al.*, 1996b) est conçue comme les classifications des écosites de l'Alberta. Elle a été élaborée pour la sous-zone Mid-Boreal, qui couvre deux écorégions : Mid-Boreal Upland et Mid-Boreal Lowland. La première est subdivisée en 30 aires de paysage (*landscape areas*); la deuxième, en quatre. Une classification classique commune est utilisée pour ces deux écorégions et les 34 aires de paysage. Elle comporte trois niveaux : écosite, phase d'écosite et type de communauté végétale. Une stricte subordination hiérarchique existe entre ces trois niveaux. L'écosite est déterminé par sa position dans la grille édaphique; il peut présenter des différences dans la végétation et les sols. La phase d'écosite établit un groupement selon la végétation; elle est analogue à l'alliance dans les limites de l'écosite, étant déterminée par les espèces dominantes de la strate supérieure du couvert. Le type de communauté végétale est subordonné à la phase d'écosite. Il est déterminé par les espèces caractéristiques et leurs indices de proéminence. Des communautés végétales sont strictement restreintes à un écosite. Il y a 13 écosites, 23 phases d'écosite et 78 types de communauté végétale.

5.10.4 Manitoba

5.10.4.1 Classification des écosystèmes forestiers du Manitoba — Cette classification (Zoladeski *et al.*, 1995) s'applique à la zone de la forêt boréale et à la partie manitobaine de la région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent (Rowe, 1972). Suivant la CET, le territoire couvert comprend partiellement les écozones du bouclier boréal et de la plaine boréale (Ecological Stratification Working Group, 1993). Le Nord de la province est exclu, car il ne s'y trouve pas de forêts d'intérêt commercial. Trente-trois types de végétation sont définis. La classification des écosystèmes forestiers du Nord-Ouest de l'Ontario (Sims *et al.*, 1989), avec certaines modifications, a été utilisée comme modèle. Les types de végétation sont définis en considérant les espèces dominantes de la strate supérieure et les espèces différentielles des autres strates. Cinq cent quatre-vingts parcelles ont été utilisées pour élaborer cette classification. La classification des types de sol est indépendante. Les sols sont distingués en fonction de l'épaisseur (profond, mince), de la composition de la matière organique ou minérale, de la texture et du régime hydrique. Des types de sol probables sont indiqués pour chaque type de végétation. Cette classification n'inclut pas une classification des sites.

5.10.5 Ontario

5.10.5.1 Historique — La régionalisation des sites forestiers a débuté en 1959 quand Angus Hills s'est attaqué à la délimitation et à la description de zones (*site zones*), de régions (*site regions*) et de districts (*site districts*) à l'échelle de la province. Hills a utilisé le climat, la géologie et l'hétérogénéité de la végétation pour délimiter les unités de territoire (Hills, 1961).

La première CEF en Ontario a été élaborée pour la ceinture argileuse (*Clay Belt*), région 3E de Hills (Jones *et al.*, 1983; Arnup et Jeglum, 1994). Toutes les classifications réalisées par la suite ont utilisé la régionalisation du territoire du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario (régions du MRNO). Des classifications pour le Nord-Ouest, le Nord-Est et le Centre ont déjà été réalisées. La première classification produite est une classification des écosystèmes forestiers de la région du Nord-Ouest (Sims *et al.*, 1989). Plus tard, une classification des écosystèmes des milieux humides (Harris *et al.*, 1996) pour la même région y a été ajoutée. Ensuite, les deux classifications ont été remaniées et fondues en une classification des écosites (Racey *et al.*, 1996). Des classifications des écosites ont été produites pour les deux autres régions (McCarthy *et al.*, 1994; Chambers *et al.*, 1997). Le Centre d'information sur le patrimoine naturel de l'Ontario (centre de données sur la conservation de l'Ontario) a récemment élaboré une classification des écosystèmes pour le Sud de la province (voir 5.12.1).

5.10.5.2 Écosites des milieux terrestres et humides du Nord-Ouest de l'Ontario — Cette classification a été élaborée pour la région du Nord-Ouest du MRNO (Racey *et al.*, 1996). Elle couvre les régions 5S, 4S, 4W et 3W ainsi que des parties des régions 3S, 2W et 2E de Hills (Hills, 1961). Même si les régions de Hills ont été définies spécialement aux fins de la planification de l'utilisation des terres, le MRNO utilise une régionalisation différente. Le système de classification comporte quatre sous-classifications indépendantes : une classification des écosites, une classification des types de végétation, une classification des types de milieu humide et une classification des types de sol. Même s'il existe une certaine corrélation entre les types d'écosite et les types de végétation et de milieu humide, la classification des écosites est indépendante de celles des types de végétation et de milieu humide. Les pictogrammes de la grille édaphique comportent 11 degrés pour l'humidité et trois pour la nutrition.

La classification des **types de végétation** a été élaborée par Sims *et al.* (1989) seulement pour les écosystèmes forestiers renfermant des terres humides. Le même type de végétation peut se trouver dans différents écosites et, inversement, un écosite peut inclure plusieurs types différents de végétation. Au total, 38 types de végétation ont été déterminés. Ils sont groupés en trois classes : forêt principalement feuillue, forêt mixte à dominance de conifères et forêt de conifères.

La classification des milieux humides a été élaborée par Harris *et al.* (1996). Les **types de milieu humide** sont définis en fonction de leur composition floristique, du substrat et de la physionomie. Au total, 36 types sont reconnus.

La classification écologique des sols est l'œuvre de Sims *et al.* (1989). Les **types de sol** sont définis en fonction du régime hydrique, de la composition de la matière minérale ou organique, de la texture des sols minéraux et de la profondeur du substratum rocheux. Au total, 22 types de sol sont définis.

Les **types d'écosite** dans cette classification sont définis en fonction à la fois du sol et de la végétation. Tous sont mis en correspondance avec des types possibles de végétation. La classification des écosites reconnaît en tant qu'écosite unique les complexes récurrents de types de végétation. Elle a été conçue de manière à simplifier la cartographie. Tous les types d'écosite sont également mis en correspondance avec des types de sol possibles. Certains écosites sont aussi mis en correspondance avec des types de milieu humide. Par exemple, l'écosite ES36 (marécage intermédiaire : épinette noire [mélèze laricin] : sol organique) (*Intermediate Swamp: Black Spruce [Tamarack] : Organic Soil*) peut être occupé par les types de végétation VT23, VT35 et VT36, les types de milieu humide WT29 et WT30, et les types de sol ST12F, ST12S, ST11 et STS9.

La classification des **types d'unité de traitement** (Racey *et al.*, 1989) reconnaît des groupes de types de végétation, de milieu humide, de sol et d'écosite pour des fins d'aménagement. Au total, 17 types d'unité de traitement sont définis.

Une caractéristique importante de cette classification est le fait que toutes les sous-classifications (types de végétation, types de milieu humide, types de sol, types d'écosite et types d'unité de traitement) sont indépendantes. Certaines corrélations existent entre elles, mais sans subordination stricte au niveau conceptuel. Les clés d'identification de toutes les sous-classifications sont distinctes. Cet arrangement sera examiné de façon plus approfondie en 5.11.

5.10.5.3 Classification des écosystèmes forestiers du Nord-Est de l'Ontario — Cette classification (McCarthy *et al.*, 1994) s'applique à la région du Nord-Est du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario. Elle englobe la région 3E et certaines parties des régions 2E et 4E de Hills. Six cent seize sites d'échantillonnage (« relevés ») ont été utilisés pour élaborer cette classification (Nieppola *et al.*, 1993) à trois composantes :

Type de site — Des groupements cartographiables de la végétation, dans l'optique de l'aménagement, sont reconnus pour des gammes bien définies de conditions du sol. Les caractéristiques du sol, puis celles de la végétation, sont utilisées comme critères pour distinguer les types de site. Vingt-deux types sont reconnus et répartis en sept groupes majeurs : un groupe représente les écosystèmes de type méridional à essences à larges feuilles, tandis que les autres sont définis en fonction des propriétés du sol.

Type de végétation — Les communautés végétales des forêts mûres sont distinguées d'après la composition et l'abondance

de certaines espèces. Vingt-six types de végétation sont reconnus et répartis en sept groupes en fonction des espèces dominantes du couvert.

Type de sol — Les groupes de profil de sol forestier sont reconnus d'après la texture, la profondeur, le régime hydrique, la classe calcaire et la forme d'humus forestier. Les 19 types de sol reconnus sont répartis en sept groupes en fonction de la profondeur, de la texture et de l'épaisseur de l'horizon organique.

5.10.5.4 Classification des écosystèmes forestiers du Centre de l'Ontario — Cette classification (Chambers *et al.*, 1997) est destinée à la région du Centre (sept districts) du MRNO et couvre certaines parties des régions 5E et 4E de Hills.

Des **types d'écosite** sont définis en fonction de la composition de la strate supérieure. Trente-cinq écosites sont reconnus et groupés en cinq classes en fonction du groupe écologique prédominant d'espèces d'arbre ou du régime hydrologique : (1) pin blanc et pin rouge; (2) pin gris et épinette noire; (3) feuillus intolérants et peuplements mixtes; (4) feuillus tolérants; (5) feuillus et conifères dans des basses terres. Chaque écosite est subdivisé en deux classes d'humidité en fonction des caractéristiques de sol.

La classification de la **végétation** est indépendante de la classification des sites et est basée sur des espèces diagnostiques dans toutes les strates. Au total, 41 types de végétation sont reconnus. Des corrélations plus ou moins fortes existent entre les écosites et les types de végétation. Un type de végétation peut se trouver sur différents écosites et, inversement, un écosite peut inclure différents types de végétation.

La classification des **sols** est indépendante des classifications des écosites et de la végétation. Les types de sol sont distingués d'après la profondeur du substrat meuble au-dessus du substrat rocheux, la composition de la matière minérale ou organique du substrat, la texture du sol et les caractéristiques du régime hydrologique. Au total, 26 types de sol sont définis.

5.10.6 Québec

5.10.6.1 Système de classification du territoire du ministère des Ressources naturelles du Québec — Il s'agit d'un système hiérarchique combinant une régionalisation physiogéographique aux niveaux supérieurs et des classifications classiques (basées sur les éléments) aux niveaux inférieurs (Bergeron *et al.*, 1992; Saucier et Robert, 1995; Bérard, 1996; Robitaille et Saucier, 1996; Saucier *et al.*, 1998a, 1998b; Robitaille et Saucier, 1998). Les niveaux hiérarchiques de ce système sont présentés au tableau 3.

Les neuf premiers niveaux indiqués au tableau 3 représentent des divisions; les deux autres, des classifications classiques. Les mêmes types écologiques et types forestiers peuvent se retrouver dans plusieurs étages de végétation, districts écologiques, unités de paysage régional, sous-régions écologiques et régions écologiques. Le système général de classification renferme des clés d'identification des types écologiques et des types forestiers, une pour chaque sous-domaine (Gosselin *et al.*, 1998; Grondin *et al.*, 1998). Cette classification a donc un double schéma hiérarchique (voir aussi section 6.5 et figure 11). Par exemple, pour le sous-domaine 4E (sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Est), on a reconnu 180 types forestiers, qui peuvent tous se trouver dans n'importe quelle portion subordonnée de ce sous-domaine et doivent être identifiés au moyen de la même clé (Gosselin *et al.*, 1998). Le type écologique de ce système est analogue au type de site des classifications d'autres provinces canadiennes (voir, par exemple, 5.10.1.1, Classification des sites) et au type forestier de la classification écologique russe des forêts (voir 4.7.1). Le sous-domaine 4E renferme 62 types écologiques. Pour la zone de la forêt boréale et la partie sud de la zone boréale du Québec, on compte au total 11 classifications classiques de conception uniforme pour les types forestiers et les types écologiques.

5.10.7 Nouveau-Brunswick

5.10.7.1 Classification des sites forestiers au Nouveau-Brunswick — Cette classification (Zelazny *et al.*, 1989a et 1989b) a été élaborée sous l'égide du New Brunswick Forest Site Technical Committee, qui a divisé la province en neuf régions (van Groenewoud, 1984) en fonction des données météorologiques, de l'assise rocheuse, de la physiographie et de la composition en espèces de la végétation des sites zonaux. Au total, cinq classifications uniformes, basées sur des éléments, des écosystèmes ont été élaborées, chaque classification couvrant une ou deux régions. Ces classifications ont toutes trois composantes : types de végétation, types de sol et types d'unité de traitement.

Les **types de végétation** sont définis par la présence ou l'abondance de certaines espèces indicatrices. Des clés distinctes des types de végétation existent pour les sols organiques, les sols minéraux et les champs abandonnés. Dans cette classification, un tableau présente toutes les espèces indicatrices et leurs classes de proéminence dans tous les types de végétation, l'indice de proéminence (Ind. de proém.) étant calculé comme suit :

$$\text{Ind. de proém.} = \sqrt{\text{présence (\%)} \times \text{recouvrement moyen (\%)}}.$$

Un **type de sol** est un type d'unité du territoire correspondant à un groupe de sols assez similaires ayant une certaine productivité d'après l'indice de station mesuré chez les arbres dominants dans les peuplements naturels (hauteur en mètres à 50 ans). Les types de sol se distinguent par la composition de la matière minérale ou organique, le fait d'avoir ou non été labouré, le drainage, la profondeur de la couche compacte et la lithologie.

Chaque région a sa propre classification pour les **types d'unité de traitement** (TUT). Chaque classification compte entre 8 et 15 TUT, et chaque TUT peut comprendre plusieurs combinaisons de types de végétation et de types de sol. Les TUT sont définis sur une grille où les types de végétation et les types de sol

Tableau 3. Niveaux hiérarchiques du système de classification du territoire du ministère des Ressources naturelles du Québec (Saucier *et al.*, 1998a, b; Bérard, 1996)

Niveaux hiérarchiques	Définition
Zone de végétation	Vaste étendue, à l'échelle continentale, caractérisée par la physionomie des formations végétales reflétant des différences climatiques majeures.
Sous-zone de végétation	Portion d'une zone de végétation caractérisée par la physionomie de la végétation potentielle dominant le paysage.
Domaine bioclimatique	Étendue caractérisée par la nature de la végétation potentielle poussant sur les sites mésiques, exprimant les effets du climat.
Sous-domaine bioclimatique	Portion du domaine bioclimatique où la végétation présente des caractéristiques distinctes en raison des différences des précipitations.
Région écologique (écorégion)	Étendue caractérisée par la composition de la forêt et la dynamique des plantes sur les sites mésiques et par la distribution des types écologiques le long d'une toposéquence.
Sous-région écologique	Portion d'une région écologique où la végétation des sites mésiques est soit typique du domaine bioclimatique dans lequel elle se trouve ou plus nordique ou plus méridionale.
Unité de paysage régional	Étendue caractérisée par un arrangement récurrent des principales caractéristiques écologiques permanentes de l'environnement et de la végétation.
District écologique	Étendue caractérisée par un patron propre du relief, de la géologie, de la géomorphologie et de la végétation régionale.
Étage de végétation	Étendue où l'altitude a un tel effet marqué sur le climat que la structure et souvent la nature de la végétation sont modifiées au point que celle-ci ressemble à la végétation caractéristique de régions plus nordiques ou plus méridionales.
Type écologique	Portion du territoire, à l'échelle locale, qui présente une combinaison permanente de caractéristiques relatives à la végétation potentielle et à l'environnement.
Type forestier	Portion d'un type écologique occupée par un écosystème forestier présentant une composition et une structure distinctes.

figurent sur différents axes. Presque toutes les combinaisons de types de végétation et de sol semblent possibles, avec quelques exceptions. Des fiches d'information sont fournies dans les classifications seulement pour les TUT.

5.10.8 Terre-Neuve

5.10.8.1 Classification des types forestiers à Terre-Neuve — La régionalisation écologique du territoire de Terre-Neuve a été menée à bien par Damman, qui a produit une carte des écorégions de la province (Damman, 1983). Celui-ci a également élaboré une classification classique (basée sur les éléments) des écosystèmes, qui s'applique aux neuf écorégions de Terre-Neuve et à 23 sous-régions. Cette classification reconnaît 33 types forestiers. Elle a été développée par Meades et Moores (1989) qui n'ont retenu que les types forestiers commercialisables et la végétation non forestière occupant des sites potentiellement commercialisables. Des types de végétation non forestière sont compris dans cette classification; des descriptions sont présentées dans plusieurs autres publications (Damman, 1963, pour le Nord de Terre-Neuve; Damman, 1964, pour le Centre de Terre-Neuve; Damman, 1967, pour l'Ouest de Terre-Neuve; Meades, 1986, cité dans Meades et Moores, 1989, pour l'Est de Terre-Neuve). La classification des types forestiers est basée sur une classification plus large de la végétation, effectuée selon la méthode de Braun-Blanquet. Les associations (appelées « *vegetation types* » [types de végétation] dans le manuel) sont définies par les espèces différentielles et dominantes. Les types de site (appelés « *forest types* » [types forestiers] dans le manuel) sont définis par les types de végétation et les types de sol. Les types forestiers sont réunis en six types de couvert : sapin baumier; épinette noire; fen à épinette noire; kalmia–épinette noire; feuillus; landes et fourrés feuillus. Pour la définition des types forestiers, la Classification canadienne des

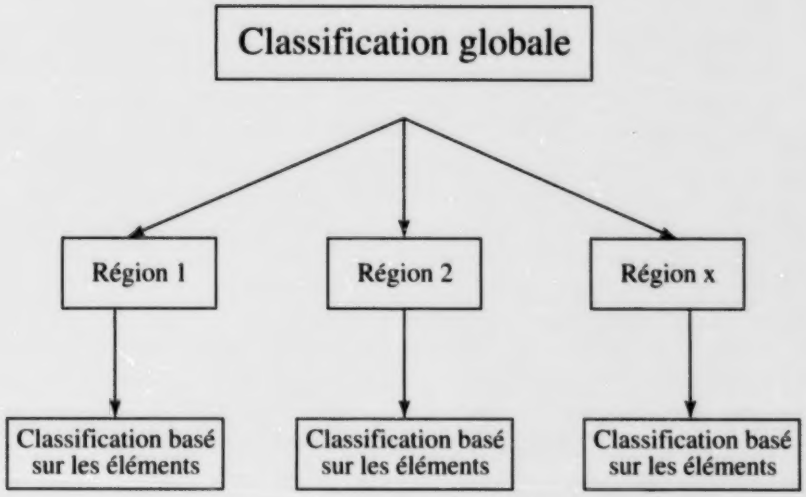

Figure 6. Arrangement typique d'une classification des écosystèmes forestiers

sols (Commission canadienne de pédologie, 1978) est utilisée, plus précisément le niveau des sous-groupes, de concert avec des espèces différentielles.

5.10.9 Yukon

5.10.9.1 Classification des écosystèmes du Sud-Est du Yukon — Cette classification s'applique au Sud-Est du Yukon qui couvre les montagnes Logan et le plateau Liard. Elle est généralement conçue comme la classification du Manitoba (Zoladeski *et al.*, 1995), mais, contrairement à cette dernière, elle considère toute la végétation (pas seulement les forêts). Ses sous-classifications des types de végétation et des types de sol sont indépendantes, mais non sa sous-classification des types d'unité d'aménagement, ceux-ci représentant des combinaisons de types de végétation et de sol. Soixante-dix-sept types de végétation ont été reconnus.

5.11 Analyse structurale des classifications des écosystèmes forestiers

Une classification typique (voir figure 6) se caractérise par une division au niveau hiérarchique le plus élevé, qui découpe l'ensemble du territoire couvert en plusieurs régions, et par des classifications classiques (basées sur les éléments) aux niveaux inférieurs, qui ne s'appliquent qu'à une région. Les classifications typiques englobent donc plusieurs classifications classiques uniformes.

Les classifications des écosystèmes forestiers sont ainsi organisées en Colombie-Britannique, en Alberta, au Nouveau-Brunswick, au Québec et, en partie, en Ontario. Dans certains cas, les régions sont des unités administratives; dans d'autres, ce sont des unités ou des combinaisons d'unités de la classification écologique du territoire ou d'une autre division du paysage. Par exemple, en Saskatchewan, il y a une classification commune des écosystèmes forestiers qui s'applique à 34 aires écologiques (écodistricts?) couvrant partiellement deux écorégions. En Ontario, des classifications classiques sont applicables aux unités administratives du ministère des Richesses naturelles. Une comparaison des classifications canadiennes des écosystèmes forestiers est présentée au tableau 4.

Au Canada, on compte plus de 50 classifications classiques des écosystèmes forestiers qui s'appliquent à des unités de territoire distinctes. Contrairement à l'US-NVC, la plupart de ces classifications distinguent leurs éléments non seulement d'après les caractéristiques de la végétation elle-même, mais également d'après les caractéristiques du sol et du milieu physique. En vue de combiner une future classification normalisée des écosystèmes forestiers avec la classification nationale proposée de la végétation du Canada, il faudrait éliminer cette importante différence. Les classifications des écosystèmes forestiers des provinces ne sont pas établies de façon uniforme. La plupart sont composites (multifactorielles); elles ont trois composantes reliées entre elles : une classification de la végétation, une classification des sites et une classification écologique des sols. Nous les appellerons plus loin des sous-classifications. Certaines ont des clés indépendantes; d'autres sont interreliées dans une structure-clé unique. Au niveau très élémentaire, on peut distinguer plusieurs schémas principaux de subordination de ces sous-classifications (voir figure 7). Comme le montrent ces schémas, le type de communauté végétale peut être surbordonné au type d'écosite (variante 5) ou rester au-dessus de lui (variante 6). Dans d'autres cas, le type de communauté végétale et le type d'écosite peuvent être déterminés de façon indépendante.

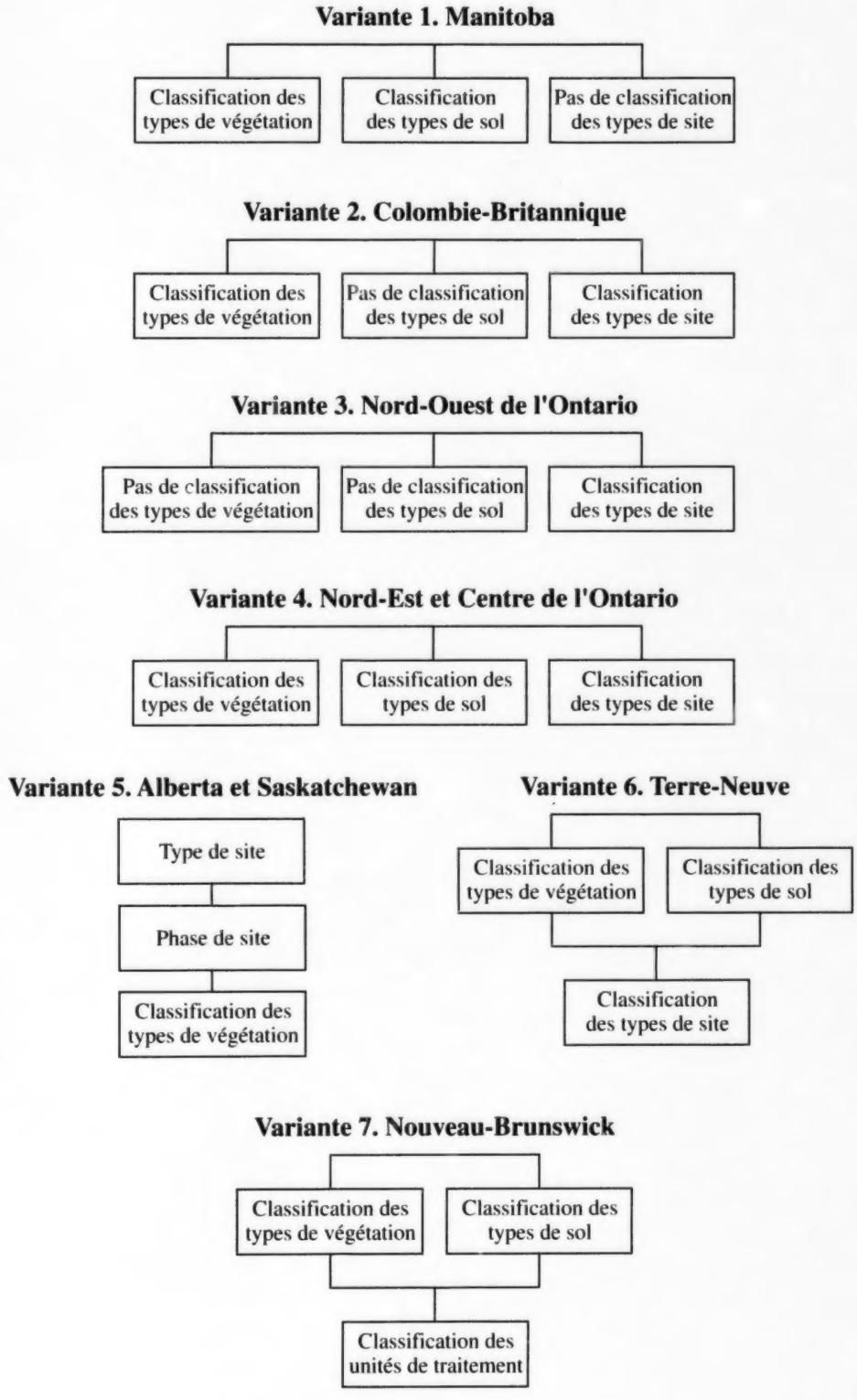

Figure 7. Arrangement des sous-classifications dans les classifications écologiques des forêts

Tableau 4. Comparaison des classifications canadiennes des écosystèmes forestiers

Classification	La (les) classification(s) correspond(ent) aux unités de quelle division écologique du territoire?	Les types de végétation sont-ils indépendants des types de sol et de site ou organisés hiérarchiquement?	Les types de sol sont-ils indépendants des types de site et de végétation ou organisés hiérarchiquement?	Les types de site sont-ils indépendants des types de sol et de végétation ou sont-ils organisés hiérarchiquement?	Y a-t-il une hiérarchie interne?	Nombres de régions ayant des clés distinctes pour les sites et la végétation	Nombres d'écosites, de types de végétation et de types de sol	Écosystèmes forestiers seulement?	Sites définis par :
Classification biogéoclimatique des écosystèmes (BEC) du ministère des Forêts de la Colombie-Britannique	Classification climatique de la BEC	Indépendants	Types de sol non définis	Indépendants	Oui	Plus de 20	Différents dans chaque unité biogéoclim.	Certains sites non forestiers	Composition floristique, matériau parental et position dans le paysage
Classification des écosites de l'Alberta	Régions naturelles, parties de régions naturelles ou combinaisons de régions naturelles de la classification des régions naturelles de l'Alberta (Alberta Environmental Protection, 1994)	Subordonnés	Indépendants	Au-dessus des types de végétation	3 niveaux : écosite, phase d'écosite, et type de communauté végétale	12	Différents dans chaque unité de territoire	Certains sites non forestiers sont reconnus	Arbres dominants et autres espèces indicatrices
Écosites des écorégions boréales du Centre de la Saskatchewan	Classification commune pour des parties de deux écoregions, incluant 34 écodistricts (la CET)	Subordonnés	Indépendants	Au-dessus des types de végétation	3 niveaux : écosite, phase d'écosite, et type de communauté végétale	1	13 écosites 23 phases d'écosite 78 types de communauté végétale (CV) 17 types de sol	Certains sites non forestiers sont reconnus	Arbres dominants et autres espèces indicatrices
Classification des écosystèmes forestiers du Manitoba	Classification pour des parties de trois régions forestières du Canada (Rowe, 1959)	Indépendants	Indépendants	Écosites non déterminés	Non	1	33 CV 22 types de sol	Territoire forestier seulement	Écosites non déterminés

(À suivre...)

Tableau 4. Comparaison des classifications canadiennes des écosystèmes forestiers. *(...suite)*

Classification	La (les) classification(s) correspond(ent) aux unités de quelle division écologique du territoire?	Les types de végétation sont-ils indépendants des types de sol et de site ou organisés hiérarchiquement?	Les types de sol sont-ils indépendants des types de site et de végétation ou organisés hiérarchiquement?	Les types de site sont-ils indépendants des types de sol et de végétation ou sont-ils organisés hiérarchiquement?	Y a-t-il une hiérarchie interne?	Nombres de régions ayant des clés distinctes pour les sites et la végétation	Nombres d'écosites, de types de végétation et de types de sol	Écosystèmes forestiers seulement?	Sites définis par :
Classification des écosystèmes forestiers du Nord-Ouest de l'Ontario	Deux régions administratives du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario	Indépendants	Indépendants	Écosites non déterminés	Non	1	38 types de végétation 22 types de sol	Territoire forestier seulement	Écosites non déterminés
Classification des écosystèmes des terres humides du Nord-Ouest de l'Ontario	Partie d'une région administrative du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario	Indépendants	Types de sol non définis	Écosites non déterminés	Non	1	36 types de terres humides	Terres humides seulement	Écosites non déterminés
Écosites des milieux terrestres et humides du Nord-Ouest de l'Ontario	Partie d'une région administrative du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario	Indépendants	Indépendants	Indépendants	Non	1	56 types de site 38 types de végétation 22 types de sol	Tout le paysage. Seuls les sites forestiers et les terres humides sont décrits; certains autres sites sont nommés	Sol, strate supérieure et propriétés hydrologiques
Field guide to Forest Ecosystems of Northeastern Ontario	Région administrative du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario	Indépendants	Indépendants	Indépendants	Non	1	22 types de site 26 types de végétation 23 types de sol	Territoire forestier seulement	Combinaison de caractéristiques du sol et d'espèces indicatrices
Écosystèmes forestiers du Centre de l'Ontario	Division du paysage de Hills (Hills, 1961)	Indépendants	Indépendants	Indépendants	Classif. des sites à deux niveaux	1	25 types de site 41 types de végétation 26 types de sol	Écosites non forestiers consignés mais non décrits	Espèces de la strate supérieure principalement; régime hydrique du sol pour les sous-sites

(À suivre...)

Tableau 4. Comparaison des classifications canadiennes des écosystèmes forestiers. *(...suite)*

Classification	La (les) classification(s) correspond(ent) aux unités de quelle division écologique du territoire?	Les types de végétation sont-ils indépendants des types de sol et de site ou organisés hiérarchiquement?	Les types de sol sont-ils indépendants des types de site et de végétation ou organisés hiérarchiquement?	Les types de site sont-ils indépendants des types de sol et de végétation ou sont-ils organisés hiérarchiquement?	Y a-t-il une hiérarchie interne?	Nombres de régions ayant des clés distinctes pour les sites et la végétation	Nombres d'écosites, de types de végétation et de types de sol	Écosystèmes forestiers seulement?	Sites définis par :
Classification écologique du territoire du ministère des Ressources naturelles du Québec	Régionalisation hiérarchique de la province faisant partie de cette classification	Indépendants	Indépendants, définis seulement pour certains sous-domaines bioclimatiques	Le type de site (appelé type écologique) comprend la végétation potentielle et les caractéristiques environnementales	9 niveaux de régionalisation et 2 niveaux basés sur les éléments	11 (au niveau des sous-domaines bioclim.)	190 écosites au total (20 à 40 par sous-dom. bioclim.); nombres différents de types forestiers et de types de site dans chaque sous-dom.	Certains sites non forestiers sont reconnus	Végétation potentielle (d'après groupes d'espèces indicatrices) et caractéristiques environnementales (texture du matériau parental, classe d'humidité du sol et position dans le paysage)
Classification des sites forestiers à Terre-Neuve	La classification est indépendante de la CET (une pour toutes les parties de la province, incluant 9 écorégions)	Indépendants	Indépendants (Le système canadien de classification des sols, Commission canadienne de pédologie, 1978)	Pas de classification spéciale des sites	Types de végétation classifiés à deux niveaux	1	33 types de végétation	Forêts et terres ayant un potentiel forestier	Pas de classification spéciale des sites
Classification des sites forestiers au Nouveau-Brunswick	Groupe de régions écologiques (*site regions*)	Indépendants	Indépendants	Classification des unités de traitement (CUT) plutôt que classification des sites; la CUT dépend des classifications de la végétation et des sols	Non	4	Différents dans chaque unité de territoire	Forêts seulement	Les unités de traitement combinent certains types de végétation et de sol
Classification des écosystèmes du Sud du Yukon	Portions de trois écozones (Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995)	Indépendants	Indépendants	Pas de classification spéciale des sites	Non	1	77 types de végétation 29 types de sol 18 types d'unité d'amén.	Toute la végétation (forêt, toundra, étages alpins, terres humides, etc.)	

5.12 Classifications des centres canadiens de données sur la conservation

Des centres de données sur la conservation (CDC) ont été établis en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Québec. Le plus récent à voir le jour est le Centre de données sur la conservation du Canada atlantique, qui couvre les quatre provinces de l'Atlantique, c'est-à-dire le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et Terre-Neuve. Les CDC ont pour mission principale de recueillir, de vérifier, d'organiser, d'informatiser, de résumer et de diffuser l'information sur la biodiversité existante et sur ses changements ainsi que de classer les éléments de la biodiversité afin de prioriser les efforts de préservation. Les espèces de la flore et de la faune et les communautés naturelles représentent les principaux éléments de la biodiversité. Les organisations ayant une telle mission sont généralement appelées « centres de données sur la conservation » (ou « *Conservation Data Centres* »), mais peuvent avoir d'autres noms (comme le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec). Pour des raisons d'uniformité, nous les désignerons tous par l'abréviation « CDC ».

La plupart des CDC canadiens utilisent l'US-NVC (voir 4.7.2.1). C'est le cas des CDC de la Colombie-Britannique (British Columbia Conservation Data Centre, 1996), de l'Alberta (Comer *et al.*, 1999), de la Saskatchewan (Belcher, 1994) et du Manitoba (Greenall, 1996). Le CDC de l'Ontario a élaboré sa propre classification, plutôt détaillée, pour le Sud de l'Ontario (Bakowsky, 1996). Le CDC du Canada atlantique, établi depuis peu, et le CDC du Québec n'ont pas encore élaboré de système de classification des communautés écologiques.

5.12.1 Classification du CDC de l'Ontario pour le Sud de l'Ontario

Il s'agit d'un système hiérarchique qui utilise la division au niveau hiérarchique supérieur et la classification classique à tous les niveaux inférieurs (Bakowsky, 1996; Lee *et al.*, 1998).

Géographiquement, ce système est un complément aux classifications des écosystèmes forestiers établies par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario pour d'autres parties de la province et décrites précédemment (voir 5.10.5); sur les plans de la conception et de la structure hiérarchique, il est toutefois très différent. L'ELCSO (Ecological Land Classification for Southern Ontario), qui s'applique à la région Sud du MRNO, est beaucoup plus développé que ces classifications des forêts en ce qui a trait aux échelles hiérarchiques et à l'étendue des communautés naturelles comprises.

Le premier niveau hiérarchique est une division du territoire en deux régions, qui correspondent aux régions 6E et 7E de Hills. Au deuxième niveau, toutes les communautés naturelles sont divisées en trois systèmes : terrestre, aquatique et humide. Les deux niveaux hiérarchiques suivants, la classe de communautés et la série de communautés, représentent donc une subdivision plus fine de ces systèmes. Le niveau suivant, celui de l'écosite, correspond à son homonyme de la classification écologique du territoire. Enfin, le niveau du type de végétation se veut un proche analogue de l'écoélément de la CET.

Le type de végétation est donc subordonné au type d'écosite. Selon cet arrangement, chaque type d'écosite englobe plusieurs types de végétation qui lui sont propres, c'est-à-dire qui ne peuvent appartenir à un autre type d'écosite. Cette classification reconnaît 285 types de végétation, dont 54 types de végétation forestière. De toutes les classifications régionales canadiennes des communautés naturelles décrites jusqu'ici, c'est la plus développée.

5.13 Terminologie de la classification au Canada

Beaucoup de classifications canadiennes n'ont pas de nom bien défini, de sorte qu'il est parfois difficile de les comparer. Une classification étant un produit proposé à des utilisateurs potentiels, elle devrait avoir un nom unique pour pouvoir être distinguée des autres.

6. Élaboration d'une classification nationale normalisée des communautés écologiques pour le Canada

6.1 Besoin d'une classification nationale normalisée des communautés écologiques au Canada

Les questions de la conservation de la biodiversité et de la gestion des écosystèmes sont devenues plus importantes pour la société canadienne, et des outils et approches scientifiques sont requis pour y répondre (Bureau de la Convention sur la biodiversité, 1995). Un besoin pressant existe pour un outil comme une classification nationale normalisée des communautés écologiques afin d'établir des liens entre les échelles locale, provinciale et nationale. Une telle classification serait utile aux fins suivantes :

Conservation de la biodiversité — Une liste des types d'écosystème et des renseignements sur leur distribution à différents niveaux hiérarchiques seraient utiles pour l'analyse spatiale et statistique des aires protégées à différentes échelles géographiques (ex : déterminer le nombre d'écosystèmes ayant été protégés) et des activités planifiées de protection. Un tel outil est absolument nécessaire pour cerner les carences du réseau existant d'aires protégées et déterminer quels écosystèmes bénéficient d'une protection dans plusieurs sites.

Gestion des écosystèmes — Une classification pourrait aider à mettre au point, à analyser, à surveiller et à comparer différentes techniques de gestion des écosystèmes à différents endroits.

Évaluation environnementale — Une classification offrirait un outil normalisé pour l'évaluation des projets d'utilisation des

terres pouvant affecter les ressources naturelles; elle permettrait aux décideurs de prendre en compte non seulement les espèces d'intérêt, mais aussi les écosystèmes. Le statut de conservation des écosystèmes devrait être classé localement, régionalement, nationalement et internationalement.

Nous ne proposons pas de nom particulier pour cette classification. Néanmoins, pour les besoins de la présente publication, nous l'appellerons « Classification des communautés écologiques du Canada » (CCEC) et appellerons la partie terrestre de celle-ci « Classification nationale de la végétation du Canada » (CNVC). Nous utiliserons ces noms pour désigner une classification nationale normalisée qui, à notre avis, doit être élaborée dans le cadre d'un effort concerté. Pour maximiser son utilité, la CCEC doit :

- pouvoir s'appliquer de façon cohérente dans tout le Canada et à l'échelle de l'Amérique du Nord;
- être applicable à la fois aux échelles fine/locale/de travail sur le terrain et à des échelles plus grandes, notamment à l'échelle nationale;
- être assez souple pour s'appliquer à tous les grands types de communauté naturelle (terrestres, souterraines, lotiques (eaux courantes), lacustres, estuariennes, palustres et marines);
- s'accompagner de critères clairs, facilement utilisables sur le terrain par des écologistes formés, pour la reconnaissance des communautés naturelles;
- éviter les critères ayant des éléments hypothétiques;
- refléter les assemblages récurrents d'espèces biologiques;
- être cartographiable à tous les niveaux (en utilisant la télédétection ou des relevés sur le terrain);
- être utile pour la collecte et la conservation de l'information spatiale sur la distribution de la biodiversité;
- pouvoir se fusionner à des classifications similaires d'autres pays pour établir éventuellement une classification mondiale.

6.2 Structure proposée de la Classification des communautés écologiques du Canada (CCEC)

Notre premier objectif est d'établir un cadre qui soit assez large pour couvrir tous les types possibles de communauté écologique, y compris ceux qui ne seront pas classifiés avant longtemps. Le niveau hiérarchique le plus élevé est celui des systèmes. Il n'a pas encore été développé. De façon préliminaire, il est divisé en systèmes terrestre, dulcicole, marin et souterrain.

Bien que l'eau occupe environ 40 % de la superficie du Canada (9,24 millions km^2 pour les terres, 0,76 million km^2 pour les eaux douces et 5,0 millions km^2 pour les océans), l'intérêt et l'activité des humains sont concentrés sur la portion terrestre. En conséquence, nous proposons, dans une première étape, d'axer les efforts d'élaboration de la CCEC sur la classification du système terrestre. Comme nous l'avons déjà indiqué (voir section 5.5), nous croyons que les communautés végétales devraient être choisies pour représenter et classifier les communautés biotiques de ce système, bien qu'on voudra procéder autrement pour certains autres systèmes (le système souterrain, par exemple).

L'élaboration de la CCEC demandera probablement plusieurs décennies. Nous pensons néanmoins qu'il est important d'en établir le plan complet dès le départ, quitte à combler les lacunes par la suite. Le premier système sur lequel il faudrait travailler est le système terrestre. Le survol et l'analyse des classifications existantes que nous avons présentés dans ce document ont été entrepris en vue de proposer une solution afin de s'attaquer seulement au système terrestre de la CCEC. Pour éviter toute confusion quant au fait que les communautés biotiques dans ce système sont représentées par les communautés végétales, nous proposons de nommer de façon précise les différentes composantes de la CCEC. Dans le cas du système terrestre, le nom est « Classification nationale de la végétation du Canada » (CNVC). La structure proposée de la CCEC est présentée à la figure 8.

6.3 Les communautés naturelles aquatiques et la CCEC

Nous recommandons de séparer à un niveau hiérarchique très élevé les écosystèmes aquatiques et terrestres afin de laisser une plus grande marge de manœuvre pour la définition des structures hiérarchiques des écosystèmes aquatiques. Ces deux catégories d'écosystèmes n'ont que rarement été combinées dans des classifications détaillées des écosystèmes par le passé. La partie aquatique de la classification pourrait être ajoutée dans le cadre d'une collaboration canado-américaine. Des initiatives de classification des écosystèmes aquatiques au Canada (D.E. McAllister, 1999, "A model framework for a marine ecosystem classification for Canada's west coast," en préparation; Day et Roff, 1999) et aux États-Unis (Holthus et Maragos, 1995; Florida Natural Areas Inventory, 1998) pourraient être mises à profit à cette fin.

6.4 Autres moyens de représenter les communautés écologiques

Nous proposons d'élaborer une classification nationale normalisée des communautés écologiques, mais cette classification ne sera qu'un outil scientifique conventionnel et ne conviendra probablement pas à toutes les applications, surtout en science. D'autres moyens pourront être utilisés pour représenter les communautés biotiques.

6.5 Comment la classification classique (CCEC) et la régionalisation (CET) se complètent-elles?

La CCEC proposée est une classification classique, basée sur les éléments. Elle pourrait être combinée de plusieurs façons à la CET, classification écologique du territoire du type régionalisation.

Figure 8. Structure proposée de la classification des communautés écologiques du Canada

Toutefois, il est préférable qu'elle le soit de telle sorte que les deux soient totalement compatibles lorsqu'elles sont appliquées dans des projets d'analyse spatiale et de cartographie de la biodiversité.

Au départ, la CET a été conçue suivant une structure hiérarchique cartographique, ou une approche de division descendante : « La classification écologique du territoire est une méthode de définition et de classification de régions de la surface terrestre présentant des caractéristiques écologiques propres... Chaque région constitue un ensemble distinct... » (Wiken, 1986).

Aux trois niveaux supérieurs de la hiérarchique, chaque unité écologique a un nom qui lui est propre et qui reflète le fait que la CET est une division et non une classification classique suivant la définition donnée précédemment (voir section 1). Aux niveaux inférieurs, surtout aux niveaux de l'écosite et de l'écoélément, l'approche de la division ne convient pas dans la plupart des cas. Elle produirait des millions d'unités écologiques ayant toutes un nom particulier; il serait impossible de les utiliser ainsi dans les communications et les analyses. Une telle approche serait utile à deux fins seulement : (1) offrir une adresse exacte d'une unité de territoire sur la carte; (2) constituer un « répertoire » pour réunir l'information au sujet de cette unité de territoire. (Par ailleurs, un tel système peut être utilisé dans les bases de données informatiques de SIG. Un tel schéma est présenté à la figure 9.) Les niveaux inférieurs de la CET doivent probablement être basés sur la classification classique, c'est-à-dire reposer sur la détermination des éléments récurrents du paysage (voir 1.1).

La grande question est : Comment relier les niveaux de la division et ceux de la classification? Si la CET est considérée comme un système hiérarchique unique, l'approche la plus logique serait d'établir des classifications classiques dans chaque unité de territoire du niveau le plus bas de la division. La figure 10 montre ce que pourrait être le schéma hiérarchique résultant de la CET. Chaque unité d'un niveau hiérarchique supérieur engloberait toutes les unités du niveau hiérarchique inférieur, ce qui est une structure normale pour toute hiérarchie. Dans la réalité, par exemple dans le cas des classifications écologiques des forêts canadiennes, on n'utilise pas la classification classique dans les unités de territoire (« cellules ») du plus bas niveau de la division, mais dans celles de trois niveaux plus élevés. Ce type de double structure hiérarchique est présenté à la figure 11. En fait, même un tel arrangement hiérarchique ne reflète pas la situation actuelle, car les unités de territoire auxquelles s'applique chacune des classifications écologiques des forêts ne correspondent pas, dans la plupart des cas, aux unités de la CET. D'autres systèmes de régionalisation que celui de la CET sont employés (voir tableau 4). La CET du Sud de l'Ontario, notamment, ne suit pas la hiérarchie de la CET.

Donc, nos options pour développer la CET sont :

1. La développer strictement selon une approche de régionalisation, ou une approche hiérarchique cartographique. Comme nous l'avons déjà indiqué, des millions d'unités de territoire, qui auraient toutes leur nom, seraient ainsi délimitées. Un tel arrangement est présenté à la figure 9.

2. La développer seulement jusqu'au niveau de l'écosection suivant les principes de la régionalisation et la combiner à des classifications classiques aux niveaux inférieurs. Pour combiner les deux, on pourrait procéder de plusieurs façons :

2.1 Établir des classifications classiques dans les « cellules » (unités de territoire) du niveau le plus bas de la division.

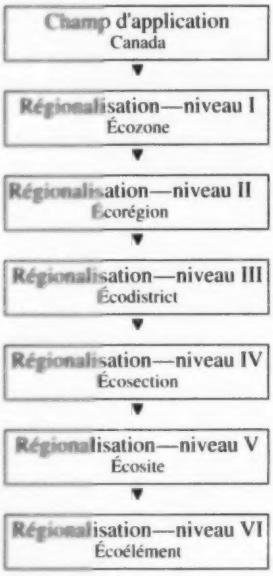

Figure 9. Hiérarchie de la classification écologique du territoire reposant uniquement sur une régionalisation à tous les niveaux

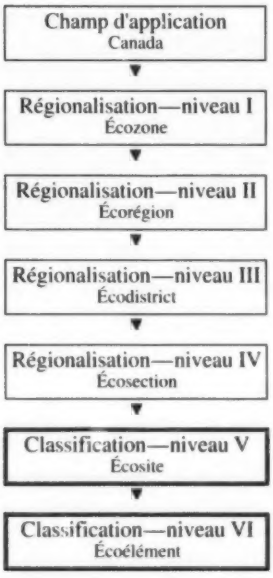

Figure 10. Hiérarchie commune pour la classification écologique du territoire combinant régionalisation aux cinq niveaux supérieurs et classification basée sur les éléments aux deux niveaux inférieurs

On aurait ainsi un seul schéma hiérarchique, et on pourrait voir l'ensemble comme un seul système combinant les principes de la division et de la classification. Un tel arrangement est présenté à la figure 10.

2.2 Établir des classifications classiques dans les « cellules » d'un niveau plus élevé de la division. Il y aurait alors chevauchement de deux hiérarchies. On n'aurait pas un schéma hiérarchique unique, mais cela n'empêcherait pas d'utiliser la CET et les classifications classiques dans une même analyse. La compatibilité des deux accroîtrait l'utilité des deux aux fins de diverses analyses. Un tel arrangement est présenté à la figure 11.

2.3 Maintenir le statu quo. Les aires couvertes par les classifications classiques ne correspondraient pas aux unités de territoire de la CET. Dans certaines écorégions, par exemple, il y aurait plusieurs CEF, et une CEF pourrait s'appliquer à des parties de plusieurs écorégions. Dans ce cas, la CET et les classifications classiques seraient indépendantes et ne pourraient pas toujours être utilisées ensemble dans une analyse (elles ne seraient pas totalement compatibles).

Nous croyons que la variante 2.2 est la meilleure option. Elle permettrait plusieurs classifications thématiques classiques, la classification des communautés biotiques n'en étant qu'une.

Vient ensuite la question du niveau hiérarchique des « cellules » (unités de territoire) de la CET pour lesquelles la classification classique des communautés naturelles devrait être élaborée. Il existe actuellement plus de 50 classifications des écosystèmes forestiers et des communautés naturelles qui s'appliquent à différentes unités de territoire. Il conviendrait, selon nous, de les réunir dans un seul système qui s'appliquerait dans l'ensemble du Canada.

Ainsi, cette classification s'appliquerait sur le même espace que la CET, ce qui permettrait de cartographier ses éléments et classes des niveaux hiérarchiques supérieurs dans les unités de territoire de tous les niveaux hiérarchiques de la CET. Un tel arrangement est présenté à la figure 12. Les deux systèmes seraient totalement compatibles et pourraient être utilisés ensemble dans une analyse. Autrement dit, on pourrait comparer quantitativement n'importe quelles unités de la CET pour tirer des conclusions sur la représentation relative de certaines communautés biotiques dans ces unités. Prenons, par exemple, deux écodistricts (écorégions, etc.) dont les communautés végétales se répartiraient comme suit : district 1 — CVA 60 %, CVD 15 %, autres 25 %; district 2 — CVA 15 %, CVD 45 % et autres (pas nécessairement les mêmes que dans le district 1) 40 %. Il serait possible de calculer un coefficient de similarité pour ces deux écodistricts. Une autre application possible serait la délimitation d'unités cartographiques - en recherchant le plus bas coefficient de similarité. Par ailleurs, on disposerait d'un outil pour analyser la distribution des communautés végétales dans les unités de la CET. Par exemple, on pourrait établir que la communauté CVK se trouve seulement dans l'écodistrict I tandis que la CVL peut se trouver dans 100 écodistricts de plusieurs écorégions. Cela représente une possibilité importante pour les analyses de la préservation de différents types de végétation dans les réseaux d'aires protégées à différentes échelles.

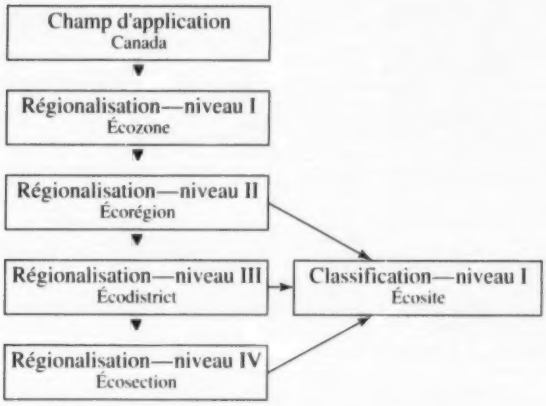

Figure 11. Schéma hiérarchique double pour la classification écologique du territoire et les classifications basées sur les éléments

Certains systèmes de classification composites existants combinent une classification classique à une régionalisation, exactement comme nous le proposons. La classification biogéoclimatique de la Colombie-Britannique en est un exemple. Elle divise la province en zones biogéoclimatiques, et une classification commune de la végétation est appliquée dans toutes les zones. Selon Krajina (1969), les unités des types de végétation permettent d'intégrer l'information scientifique autrement que par zone biogéoclimatique, région ou formation. Un autre exemple est fourni par la combinaison de la classification écorégionale de l'U.S. Forest Service[4] de type régionalisation (Bailey, 1980, 1983) avec la classification de l'US-NVC (basée sur les éléments) (voir section 4.7.2.1). La classification écorégionale de l'U.S. Forest Service utilise l'US-NVC pour la caractérisation des unités de territoire. Elles ont toutes deux été utilisées dans le projet ECOMAP[5]. Cet exemple est analogue à la relation qui existerait entre la CET et la classification proposée des communautés biotiques.

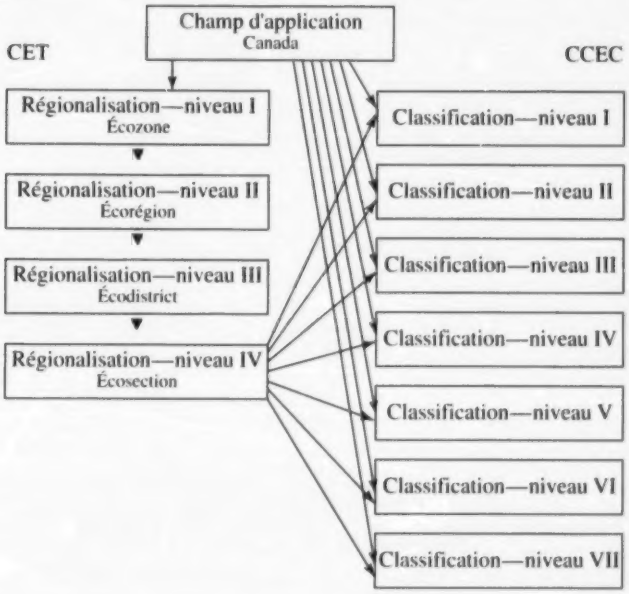

Figure 12. Relation proposée entre la classification écologique du territoire et la classification des communautés écologiques du Canada

La relation entre les classifications de type régionalisation et basées sur les éléments est également examinée à la section 1.3.

6.6 Système terrestre de la CCEC : la Classification nationale de la végétation du Canada (CNVC)

6.6.1 Options pour l'élaboration de la Classification nationale de la végétation du Canada

En 3.5, nous avons expliqué pourquoi les communautés végétales devraient être choisies pour identifier les communautés biotiques terrestres. La nécessité de combiner les approches flo-

[4] Bailey (1980, 1983) a établi une régionalisation nationale des écosystèmes pour l'US Forest Service. Il a subdivisé le territoire en unités spatiales hiérarchiques à quatre niveaux : domaine, division, province et section.
La régionalisation à ces quatre niveaux a été produite en considérant les variations du climat, de la physiographie, du modelé, des sols et de la végétation naturelle potentielle. Chaque niveau hiérarchique a sa propre « variable motrice ».
Les domaines sont des portions de territoire à climat nettement distinct à l'échelle sous-continentale. Ils correspondent aux types climatiques régionaux de Köppen (1931). Les divisions reflètent également des différences climatiques, mais à un niveau plus détaillé. Les provinces sont, à l'intérieur des divisions, des portions homogènes quant aux types de végétation climacique. Les sections correspondent généralement aux types de végétation naturelle potentielle de Küchler (1964).

[5] Dans la foulée des travaux de Bailey, un groupe de travail sur la classification et la cartographie écologiques (ECOMAP) a été formé au sein de l'U.S. Forest Service pour élaborer une approche cohérente de classification et de cartographie des écosystèmes à de multiples échelles géographiques. L'équipe a établi un cadre hiérarchique national pour les unités écologiques, lequel comporte quatre niveaux additionnels au-dessous de la section de Bailey : sous-section, association de types géomorphologiques (*land type association*), type géomorphologique (*land type*) et phase de type géomorphologique (*land type phase*) (McNab et Avers, 1994). ECOMAP utilise une approche unifactorielle à certains niveaux et une approche synthétique à d'autres.
À l'échelle sous-régionale, les sections et sous-sections sont caractérisées par une combinaison de facteurs : climat, processus géomorphologiques, topographie et stratigraphie. Ces facteurs influent sur l'humidité disponible et l'exposition au rayonnement solaire, qui, à leur tour, influent directement sur les fonctions hydrologiques, la pédogenèse et la distribution potentielle des communautés végétales. Le travail de classification et de description au niveau de la section est maintenant terminé pour l'ensemble des États-Unis (McNab et Avers, 1994).

ristiques et physionomiques en une classification applicable tant à l'échelle locale qu'à l'échelle mondiale a déjà été analysée par Beard (1973). L'approche floristique convient aux classifications locale et régionale de la végétation, tandis que l'approche physionomique est la seule appropriée à l'échelle mondiale ainsi que, dans certains cas, à l'échelle continentale. La combinaison des deux approches devrait permettre de combiner en une seule les classifications d'échelles locale et mondiale.

Comme nous l'avons vu précédemment (section 5), plusieurs classifications ont été élaborées ou utilisées au Canada. Voici un résumé de celles qui reposent sur des critères floristiques ou d'autres renseignements sur la végétation :

• Classifications locales ou provinciales d'écosystèmes forestiers (voir section 5.10). Il existe au Canada plus de 50 classifications des écosystèmes forestiers qui s'appliquent à des régions distinctes. Ces classifications n'ont pas été conçues de manière uniforme et ne peuvent pas être fusionnées facilement. Même s'il était possible de les réunir en une seule classification pour les écosystèmes forestiers du Canada (Meades *et al.*, 1998), on aurait encore besoin d'une classification pour d'autres types non forestiers d'écosystème.

• Classifications provinciales des communautés végétales élaborées par les centres de données sur la conservation (CDC) des provinces en collaboration avec The Nature Conservancy (TNC) et totalement compatibles avec l'US-NVC ainsi qu'entre elles. De telles classifications existent en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba (voir 5.12). En raison de l'accent qu'elles mettent sur la conservation de la biodiversité, les classifications des CDC ont comme atout supplémentaire d'englober tous les types terrestres. Elles utilisent toutes le modèle de l'ICEC (classification internationale des communautés écologiques), qui devrait être considéré comme option pour la classification nationale proposée de la végétation du Canada.

• Classification écologique du territoire du Sud de l'Ontario (*Ecological Land Classification for Southern Ontario* [ELCSO]; voir 5.12.1). Il s'agit d'une classification hiérarchique des communautés végétales produite par le CDC de l'Ontario qui utilise des critères floristiques au niveau le plus bas et des critères physionomiques et abiotiques à tous les niveaux supérieurs, exception faite du niveau le plus élevé (niveau VI). Comme les unités inférieures sont basées sur la végétation et similaires à celles des autres CDC provinciaux, cette classification est assez compatible avec l'US-NVC, quoiqu'une plus grande uniformité serait souhaitable.

• Première approximation du système de classification de la végétation du Canada (SCCV) proposée par le Groupe de travail national sur la végétation (voir 5.4). Comme l'indique son nom, cette classification a été conçue pour servir de classification nationale de la végétation et représente donc une autre option pour l'élaboration de la classification nationale de la végétation du Canada.

• Classifications de la végétation des parcs nationaux et provinciaux et de certaines autres aires locales (voir 5.8 et 5.9). Malgré leur grande utilité pour les parcs, ces classifications ne sont pas cohérentes entre elles et ne s'appliquent qu'à des portions relativement restreintes du territoire. Aucune ne peut être utilisée facilement comme modèle pour une classification nationale.

• Classification écologique du territoire élaborée par le Comité canadien de la classification écologique du territoire (Ecological Stratification Working Group, 1993; Groupe de travail sur la stratification écologique, 1995). Cette classification divise le Canada en écoprovinces, puis en unités spatiales de plus en plus fines, appelées « écorégions », « écodistricts », « écosections », etc. Elle représente un excellent outil pour l'examen des patrons écogéographiques de la végétation. Toutefois, une véritable classification nationale de la végétation peut difficilement être établie en tant que niveaux plus bas, car des communautés végétales similaires dans différentes unités du territoire (par exemple, dans différentes écorégions) sont à priori nommées différemment, ce qui rend difficile l'identification des unités floristiques comparables à l'association. La Classification nationale de la végétation du Canada pourrait toutefois être créée à partir de cette classification avec une couche inférieure non emboîtée pour la végétation – voir, par exemple, l'approche du CDC de l'Ontario pour le Sud de l'Ontario dans Lee *et al.* (1998), celle de la Saskatchewan dans Beckingham *et al.* (1996b) et celle de l'Alberta dans Beckingham et Archibald (1996). Des variantes de combinaisons d'une classification classique avec une classification de type régionalisation sont examinées en 6.5.

En conclusion, parmi les nombreuses classifications considérées au Canada, deux ressortent comme des modèles plus appropriés pour une classification nationale de la végétation du Canada : le SCCV et l'ICEC qui a été utilisé pour l'US-NVC. L'une ou l'autre pourrait être employée en combinaison avec d'autres classifications écologiques ayant une couche bien définie pour la végétation, comme la classification du Sud de l'Ontario (Lee *et al.*, 1998). Une comparaison des deux systèmes est présentée ci-après.

6.6.2 Le système de l'ICEC et le SCCV

Les deux systèmes n'ont pas de contradictions fondamentales majeures. Les deux considèrent qu'une approche physionomique doit être appliquée aux niveaux supérieurs et une approche floristique aux niveaux inférieurs. Les deux niveaux hiérarchiques supérieurs de chacune sont très similaires, quoique le nombre de classes et les critères appliqués ne concordent pas parfaitement. Les niveaux physionomiques intermédiaires, soit les niveaux III et IV du SCCV et les groupes et sous-groupes de l'ICEC (voir tableau 5), utilisent différents critères pour leur détermination. Dans le SCCV, les critères sont strictement quantitatifs et formels (reposant sur la hauteur du couvert et le recouvrement spatial), tandis que dans l'ICEC, ils sont basés sur des caractéristiques physionomiques qui reflètent souvent, directement ou indirectement,

Tableau 5. Comparaison des niveaux hiérarchiques du SCVC et de l'ICEC

SCCV	ICEC	Commentaires
	Niveaux physionomiques	
Niveau I. Formes de croissance et structure de la végétation	**Classe**. Formes de croissance et structure de la végétation	Les paramètres quantitatifs et le nombre de classes diffèrent.
Niveau II. Caractéristiques des formes de croissance, comme la phénologie du feuillage	**Sous-classe**. Caractéristiques des formes de croissance, comme la phénologie du feuillage	Les paramètres quantitatifs et le nombre de classes diffèrent.
Niveau III. Compacité de la strate la plus élevée	**Groupe**. Types de feuillage, en correspondance avec le climat	Les critères sont différents.
	Sous-groupe. Impact humain relatif (végétation naturelle/semi-naturelle ou cultivée)	Niveau absent dans le SCCV.
Niveau IV. Hauteur de la strate la plus élevée.	**Formation**. Facteurs physionomiques et environnementaux additionnels, notamment hydrologiques	Les critères sont différents.
	Niveaux floristiques	
Niveau V. Espèces dominantes/diagnostiques de la strate supérieure ou dominante	**Alliance**. Espèces diagnostiques/dominantes de la strate supérieure ou dominante	Ce niveau n'est pas développé dans le SCCV mais il l'est amplement dans l'ICEC pour les États-Unis.
Niveau VI. Espèces ou formes biologiques dominantes additionnelles dans le sous-étage		Ce niveau n'est pas développé dans le SCCV et n'existe pas dans l'ICEC.
Niveau VII. Espèces diagnostiques additionnelles dans n'importe quelle strate	**Association**. Espèces diagnostiques/ dominantes additionnelles dans n'importe quelle strate	Ce niveau n'est pas développé dans le SCCV mais l'est considérablement dans l'ICEC pour les États-Unis.

des facteurs environnementaux, le climat, l'activité humaine, la position relative dans le paysage et l'hydrologie. Dans le SCCV, des communautés floristiquement similaires peuvent se retrouver dans des classes différentes aux niveaux III et IV, ce qui peut présenter un problème. Par exemple, une forêt de peuplier faux-tremble peut être classée, selon le cas, dans la catégorie des arbres très hauts, hauts, intermédiaires ou bas au niveau IV, ce qui peut compliquer fortement le développement des unités floristiques. Les niveaux hiérarchiques intermédiaires de l'ICEC sont plus souples et offrent l'avantage de permettre l'intégration des données d'autres classifications physionomiques beaucoup plus facilement. C'est un avantage particulièrement important au Canada pour l'intégration du Système canadien de classification des terres humides et des classifications des écosystèmes forestiers et pour la conservation des noms locaux des types d'écosystème. En outre, l'ICEC divise les communautés végétales au niveau des sous-groupes en naturelles/semi-naturelles et cultivées, ce qui représente un aspect très important pour de nombreuses applications, en particulier pour la conservation de la biodiversité. Le SCCV ne comporte pas une telle division.

Concernant les niveaux floristiques inférieurs, les deux classifications les organisent de façon très similaire. Cependant, le SCCV a un niveau supplémentaire (VI) entre celui de l'association et celui de l'alliance, probablement pour assurer une meilleure correspondance avec les types dominants (Whittaker, 1962). Les deux niveaux floristiques de l'ICEC sont dans une large mesure compatibles avec d'autres systèmes floristiques, comme celui de Braun-Blanquet, étant donné qu'ils reposent sur une combinaison d'espèces diagnostiques, y compris les espèces dominantes. Un niveau intermédiaire basé sur les types dominants pourrait représenter une complication inutile.

Alors que le SCCV représente essentiellement une structure hypothétique restée sans application, le système de l'ICEC a beaucoup été utilisé aux États-Unis et ailleurs, y compris dans certaines parties du Canada. Il est appuyé aux États-Unis par de nombreux organismes, des États, de l'administration fédérale et du secteur privé, y compris des organisations professionnelles. Des collaborations pour son utilisation existent déjà au Canada; on s'attend à ce qu'il soit adopté pour une approche nord-américaine de classification de la végétation terrestre.

Une comparaison des niveaux hiérarchiques du SCVC et du système de l'ICEC est présentée au tableau 5.

6.6.3 Le système de l'ICEC et les classifications écologiques provinciales des forêts

Comme nous l'avons déjà mentionné, il y a plus de 50 classifications des écosystèmes forestiers (CEF) applicables dans diverses régions au Canada. Toutes ces classifications utilisent des caractéristiques de la végétation, des sols et des sites pour définir des unités de végétation, de sol et de site. Certaines ont des catégories additionnelles, notamment les unités de traitement. Toutes ces classifications peuvent être réparties en sept groupes/modèles majeurs d'après les rapports entre les unités de végétation, de sol, de site et de traitement. Un modèle appliqué au Manitoba (Zoladeski *et al.*, 1995) et dans le Nord-Ouest de l'Ontario (Sims *et al.*, 1989) utilise quatre sous-classifications définissant de façon indépendante les unités de végétation, de sol et de site. Les unités de traitement regroupent des unités de végétation, de sol et de site dans l'optique de l'aménagement. Le système de l'ICEC peut être utilisé comme composante pour la végétation dans ce type de classification des écosystèmes forestiers.

La CEF la plus développée au Canada est la classification biogéoclimatique de la Colombie-Britannique. Elle comporte quatre sous-classifications indépendantes : climat, végétation, sites et successions. La sous-classification de la végétation a quatre niveaux hiérarchiques et est fondée sur l'approche de Braun-Blanquet (les quatre niveaux sont définis par des critères floristiques). Nous croyons que le niveau le plus bas de cette classification peut être allié facilement au système de l'ICEC, car les deux utilisent la même approche à ce niveau. Les autres CEF au Canada définissent généralement des types de végétation en fonction de critères floristiques, mais les méthodes utilisées pour reconnaître les différents types ne sont pas les mêmes. Pour les associer dans un système uniforme, compatible avec le système de l'ICEC, la concordance entre les systèmes doit être établie.

6.6.4 Le système de l'ICEC et la classification canadienne des terres humides

Le Système canadien de classification des terres humides (SCCTH) représente une classification physionomique très bien conçue. Il ne peut être intégré globalement dans le modèle de l'ICEC, car différents critères sont appliqués aux niveaux hiérarchiques supérieurs. Le niveau le plus bas du SCCTH, celui des types de terres humides, peut partiellement être utilisé au niveau des formations avec une subdivision floristique plus poussée. Il importe de rendre ces deux classifications le plus possible convertibles. Dans ce cas, le résultat sera quatre niveaux inférieurs communs et une double hiérarchie aux niveaux supérieurs avec une branche pour le SCCTH et une autre pour la CNVC.

La classification des écosystèmes des milieux humides du Nord-Ouest de l'Ontario serait beaucoup plus facile à convertir au système de l'ICEC, car elle utilise principalement des critères reliés à la végétation.

Nous croyons que la classification des écosystèmes humides pourrait comporter deux sous-classifications indépendantes : une classification des communautés végétales (qui devrait être comprise dans le modèle de l'ICEC) et une classification des écosites (reflétant les processus écologiques et les paramètres abiotiques des biogéocénoses).

6.6.5 Le système de l'ICEC et les classifications des parcs nationaux et projets de cartographie de la végétation locale

De nombreux inventaires et projets de cartographie ont été réalisés à l'échelle locale dans les parcs nationaux canadiens (voir sections 5.8 et 5.9). Dans ces projets, les types de végétation sont déterminés en considérant la physionomie et quelques caractéristiques floristiques (dans la majorité des cas lorsque des images Landsat sont utilisées) ou suivant la méthode Braun-Blanquet. Dans les deux cas, la probabilité est élevée que des liens existent avec un des trois niveaux inférieurs de la classification nationale proposée. Évidemment, chaque projet (ou groupe de projets uniformes) devra être analysé séparément.

6.7 Conclusion : Proposition d'utiliser le système de l'ICEC comme modèle pour la Classification nationale de la végétation du Canada

Pour les raisons qui suivent, nous croyons que la meilleure approche pour l'établissement d'une classification nationale de la végétation du Canada est de chercher à maximiser la compatibilité avec le système de classification de la végétation terrestre de l'ICEC décrit précédemment :

1. Ce système représente la classification des écosystèmes la plus complète et la plus large en Amérique du Nord (voire le monde entier) quant à l'étendue géographique et aux types d'écosystème couverts. Il a une approche très similaire à celle du SCCV, mais, contrairement à ce dernier, il est bien développé à tous les niveaux hiérarchiques. Aux États-Unis, il reconnaît plus de 4700 communautés naturelles au niveau le plus bas. Il est actuellement utilisé sur de vastes étendues au Canada et au Mexique ainsi que dans certains pays des Caraïbes et de l'Amérique latine, en plus des États-Unis.

2. Ce système serait applicable à tous les écosystèmes terrestres, depuis les forêts humides tropicales jusqu'aux déserts, et pourrait englober de nouveaux écosystèmes terrestres non encore définis.

3. Ce système est déjà utilisé par des centres de données sur la conservation (CDC) provinciaux en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba. Pour le niveau de l'association, le plus développé aux États-Unis, des concordances ont été établies avec toutes les classifications des écosystèmes forestiers de l'Ontario et la classification écologique du territoire

du Sud de l'Ontario. Les CDC comptent parmi leur personnel des spécialistes en écologie qui peuvent coordonner l'élaboration et l'examen de classifications. En outre, ces personnes se vouent à l'évaluation détaillée de toute la végétation, pas seulement de segments particuliers, comme la végétation des forêts ou des prairies.

4. Ce système sera utilisé dans une classification canadienne des écosystèmes forestiers élaborée actuellement par le Service canadien des forêts en collaboration avec des ministères provinciaux des forêts.

5. Les niveaux floristiques inférieurs de l'ICEC sont probablement compatibles en général avec d'autres systèmes en utilisation au Canada.

6. L'US-NVC, qui fait partie de l'ICEC, est largement acceptée aux États-Unis; c'est le système normalisé de classification de la végétation que doivent utiliser les organismes fédéraux et leurs collaborateurs (Lund, 1997). Quatorze organismes fédéraux des États-Unis l'ont adoptée comme norme nationale, entre autres : le Forest Service, le National Marine Fisheries Service, le Fish and Wildlife Service, le Bureau of Land Management, le Bureau of Indian Affairs, le National Park Service, l'U.S. Geological Survey et l'Environmental Protection Agency (FGDC, 1997).

7. L'élaboration du système de l'ICEC a été coordonnée étroitement avec l'élaboration du système de classification de l'occupation du sol de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) afin d'établir des liens à l'échelle internationale et de favoriser l'élaboration d'un véritable système mondial de classification de la végétation et de l'occupation du sol (Lund, 1997).

À notre avis, l'élaboration d'une classification canadienne de la végétation compatible avec l'ICEC non seulement faciliterait énormément l'élaboration d'une classification nationale, mais créerait, une fois jointe à l'US-NVC, la plus importante entité de classification à une échelle fine dans le monde quant à la couverture géographique et à la diversité des écosystèmes compris. De plus, cela faciliterait grandement l'établissement d'une classification des communautés écologiques à l'échelle de l'hémisphère et du monde entier. L'inventaire de la végétation européenne (Mucina *et al.*, 1993; Rodwell *et al.*, 1995) pourrait aussi faire l'objet d'un partenariat important à cet égard. L'initiative européenne et l'ICEC ont un niveau inférieur similaire, mais leurs niveaux supérieurs sont différents. Toutefois, cette différence ne constitue pas un obstacle sérieux pour la comparaison et la fusion des deux systèmes.

Aucun niveau hiérarchique ne peut satisfaire aux besoins de tous les utilisateurs, et des hiérarchies différentes (comme une hiérarchie fondée sur les processus écologiques) peuvent être recommandées selon les applications. Cependant, la possibilité d'utiliser un cadre cohérent normalisé pour organiser l'information sur les communautés écologiques aidera les Canadiens à préserver et gérer plus efficacement la grande diversité des systèmes écologiques de leur pays.

6.8 Les projets de cartographie et la CNVC

Les projets de cartographie seront parmi les plus importants « consommateurs » de la CNVC. Il importe donc que toutes les classes de tous les niveaux hiérarchiques soient cartographiables. Les classes de la classification devraient inclure tous les types de surface du territoire (y compris les espaces sans végétation) de manière à couvrir toute la superficie terrestre. Une légende doit être élaborée séparément pour chaque projet de classification en fonction des buts, de l'échelle et de l'étendue cartographiée (voir également 1.5).

La cartographie aux niveaux hiérarchiques supérieurs (I à V et partiellement VI) peut se faire à l'aide de techniques de télédétection, mais des relevés sur le terrain sont requis pour les niveaux inférieurs (VI et VII), car l'information floristique considérée à ces niveaux ne peut pas toujours être obtenue à distance. Tous les niveaux du modèle proposé de l'ICEC sont cartographiables. Dans les faits, ce système a déjà été appliqué dans le parc national Waterton, contigu au parc national Glacier au Montana (États-Unis). Les deux parcs cartographient leur végétation au niveau de l'association (niveau le plus bas) de l'US-NVC (P. Achuff, communication personnelle).

6.9 Considérations relatives aux données

En premier lieu, nous proposons que soit élaboré le système terrestre de la CCEC. The Nature Conservancy (TNC), en collaboration avec le réseau des centres de données sur la conservation et les programmes relatifs au patrimoine naturel, a accumulé une expérience considérable au cours de la dernière décennie en élaborant et appliquant l'US-NVC. Le fruit de cette expérience devrait être examiné dans l'élaboration de la stratégie relative à la CNVC.

La conception de la classification devrait commencer par un examen approfondi de la documentation existante (classifications locales, leurs éléments et les descriptions des parcelles ou « relevés »). Trois bases de données doivent être créées :

Base de données sur la classification — Cette base de données contiendra les descriptions complètes de tous les éléments de la classification, ainsi que les descriptions des classes des niveaux hiérarchiques supérieurs et l'information sur les critères d'identification. Elle devra être mise à jour régulièrement pour y intégrer les nouveaux éléments de la classification et les modifications apportées.

Base de données nationale sur les descriptions des parcelles — Des liens étroits existent entre les méthodes d'inventaire et les classifications : une classification normalisée exige une méthode normalisée de description des parcelles. Nous proposons d'établir un (des) gabarit(s) pour la description des parcelles qui permette la consignation d'information non seulement sur la flore du lieu considéré, mais aussi, optionnellement, sur l'édaphotope

et le site, y compris les processus écologiques et les régimes des perturbations. Cela permettrait une utilisation plus large de cette base de données. Pour certaines activités (foresterie, restauration des écosystèmes, gestion des pâturages naturels et prévision des successions d'écosystèmes, par exemple), les caractéristiques abiotiques des sites sont tout aussi importantes que les caractéristiques floristiques. La même base de données pourrait être utilisée pour produire les descriptions normalisées des types d'unité de végétation et caractériser les paramètres abiotiques et les processus écologiques des biogéocénoses correspondantes. Dans ce cas, la caractérisation normalisée des associations dans la classification de la végétation pourrait être élaborée en tenant compte des variantes probables des paramètres des édaphotopes et des sites. De même, les types élémentaires de site et d'édaphotope pourraient être caractérisés par une gamme de communautés végétales correspondantes. Cela reflète exactement la méthode utilisée dans certaines classifications des écosystèmes forestiers au Canada, par exemple dans une classification des sites du Nord-Ouest de l'Ontario (Racey *et al.*, 1996). Chaque type de site est caractérisé par une gamme de types d'édaphotope (types de sol) et de types de communauté végétale correspondants.

Aujourd'hui, beaucoup d'organisations et d'organismes provinciaux ont leur propre banque de descriptions d'échantillons du couvert végétal. Les centres de données sur la conservation et les ministères provinciaux des forêts sont les principaux gardiens de ces données. Il importe d'établir un système unique pour la collecte, l'enregistrement et la conservation des descriptions d'échantillons de communautés biotiques. Un gabarit normalisé pour les descriptions de parcelles, accompagné d'instructions pour son utilisation, doit être élaboré. Le Groupe de travail national sur la végétation (1990) a proposé un tel gabarit. Les centres de données sur la conservation utilisent celui de The Nature Conservancy qui a été abondamment utilisé (et perfectionné) depuis plus de 20 ans dans l'hémisphère occidental. Nous croyons que ces deux gabarits, et les instructions qui les accompagnent, devraient être considérés pour l'élaboration de celui de la CNVC. Une base de données nationale sur les descriptions de parcelles devrait inclure des exemples de tous les éléments de la classification sur l'ensemble du territoire où ceux-ci sont présents. Il faudra probablement plusieurs décennies avant que tous les éléments de la classification soient représentés de façon satisfaisante.

Base de données sur les noms — Comme l'élaboration de la classification demandera beaucoup de temps, un système devrait être établi pour le suivi des changements. Un système similaire à celui utilisé pour nommer les versions de logiciel pourrait être utilisé.

7. Bibliographie

Achuff, P.L.; Wallis, C. 1977. A proposed policy for ecological reserves in Alberta. Alberta Energy Nat. Resour., Edmonton, AB. 67 p.

Alberta Environmental Protection. 1994. Natural regions and subregions of Alberta. Carte à l'échelle du 1:1 million. Alberta Environ. Prot., Land Inf. Serv., Edmonton, AB.

Alexandrova V. D. 1973. Russian approaches to classification. Ordination and classification of communities. Dr. W. Junk Publishers, La Haye..

Archibald, J.H.; Klappstein G.D.; Corns, I.G.W. 1996. Field guide to ecosites of southwestern Alberta. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, AB. Spec. Rep. 8.

Arnup, R.W.; Jeglum, J.K. 1994. Forest ecosystem classification in Ontario's clay belt. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, ON. Frontline, Tech. Note 59.

Bailey, R.G. 1980. Descriptions of the ecoregions of the United States. USDA For. Serv., Washington, D.C.

Bailey, R.G. 1983. Delineation of ecosystem regions. J. Environ. Manage. 7:365–373.

Bailey, R.G. 1989. Explanatory supplement to the ecoregion map of the continents. Environ. Conserv. 15:307–309.

Bakowsky, W.D. 1996. Natural heritage resources of Ontario: Vegetation communities of Southern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Natural Heritage Information Centre, Peterborough, ON. 19 p.

Banner, A.; MacKenzie, W.; Haeussler, S.; Thompson, S.; Pojar, J.; Trowbridge, R. 1993a. A field guide for site identification and interpretation for the Prince Rupert Forest Region—Part 1. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 26.

Banner, A.; MacKenzie, W.; Haeussler, S.; Thompson, S.; Pojar, J.; Trowbridge, R. 1993b. A field guide for site identification and interpretation for the Prince Rupert Forest Region—Part 2. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 26.

Beard, J.S. 1944. Climax vegetation in tropical America. Ecology 25:127–158.

Beard, J.S. 1973. The Physiognomic Approach. Ordination and classification of communities. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

Beckingham, J.D.; Archibald, J.H. 1996. Field guide to ecosites of northern Alberta. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, AB. Spec. Rep. 5.

Beckingham, J.D.; Corns, I.G.W.; Archibald, J.H. 1996a. Field guide to ecosites of west-central Alberta. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, AB. Spec. Rep. 9.

Beckingham, J.D.; Nielsen D.G.; Futoransky, V.A. 1996b. Field guide to ecosites of the mid-boreal ecoregions of Saskatchewan. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, AB. Spec. Rep. 6.

Belcher, J. 1994. Saskatchewan community classification—terrestrial grasslands (version préliminaire). Saskatchewan Conservation Data Centre, Regina, SK. 15 p.

Bérard, J.A. coord. 1996. Manuel de foresterie. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, QC. 1428 p.

Bergeron, J.-F.; Grondin, P.; Blouin, J. 1998. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la pessière à mousse de l'ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, Québec, QC. 178 p.

Bergeron, J.-F.; Saucier, J.-P.; Robitaille, A.; Robert, D. 1992. Québec forest ecological classification program. For. Chron. 68(1):53–63.

Braumandl, T.F.; Curran, M.P. 1992a. A field guide for site identification and interpretation for the Nelson Forest Region—Part 1. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 20. 111 p.

Braumandl, T.F.; Curran, M.P. 1992b. A field guide for site identification and interpretation for the Nelson Forest Region—Part 2. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 20. p.112–311.

Braun, E. L. 1956. The development of association and climax concepts; their use and interpretation of the deciduous forest. Am. J. Bot. 43: 906–911.

Braun-Blanquet, J. 1921. Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. [Principes de classification des communautés végétales sur des bases floristiques]. Jahrb. St. Gall. Naturwiss. Ges. 57:305–351. (En allemand)

British Columbia Conservation Data Centre. 1996. Provincial Tracking List for Plant Communities. B.C. Min. Environ., Lands and Parks, Resour. Inventory Br., Victoria, BC. 19 p.

Brown, D.E.; Reichenbacher, F.; Francon, S.E. 1998. A classification of North American biotic communities. University of Utah Press, Salt Lake City, UT.

Bureau de la Convention sur la biodiversité. 1995. Stratégie canadienne de la biodiversité : réponse du Canada à la Convention sur la diversité biologique. Ministre des Approvisionnements et Services Canada (maintenant Travaux publics et Services gouvernementaux Canada), Hull, QC.

Chambers, B.A.; Naylor, B.J.; Nieppola, J.; Merchant, B.; Uhlig, P. 1997. Field guide to forest ecosystems of central Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., South-central Science Development and Transfer Branch, North Bay, ON. SGSS Field Guide FG-01. 200 p.

Clausen, J.J. 1957. A comparison of some methods of establishing plant communities pattern. Bot. Tidsskr. 53:253–278.

Clements, F.E. 1916. Plant succession and analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Washington. Publ. 242.

Comer, P., éd.; Allen, L.; Cooper, S.; Faber-Langendoen, D.; Jones, G. 1999. Selected shrubland and grassland communities of

the northern Great Plains. The Nature Conservancy, Arlington, VA. 119 p.

Comité canadien de pédologie. 1978. Le système canadien de classification des sols. Ministère de l'agriculture du Canada, Direction de la recherche. Publ. nº 1646. Ottawa, ON. 170 p.

Commission de coopération internationale. 1997. Les régions écologiques de l'Amérique du Nord : vers une perspective commune. Commission de coopération environnementale. Montréal, QC.

Convention sur la diversité biologique. 1992. Rio de Janeiro, Brésil. Site Internet : http://www.biodiv.org/chm/conv/default.htm.

Corns, I.G.W.; Annas, R.M. 1986. Field guide to forest ecosystems of west-central Alberta. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, AB.

Couillard, L.; Grondin, P. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Min. Environ., Qué., Québec, QC. 400 p.

Cowardin, L.M.; Carter, V.; Golet, F.C.; Laroe, E.T. 1979. Classification of the wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish Wildl. Serv., Washington, DC.

Curtis, J.T. 1959. The vegetation of Wisconsin: an ordination of plant communities. Univ. Wisconsin, Madison, WI. 657 p.

Curtis, J.T; McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32:476–496.

Daget, P.; Godron, M. 1979. Vocabulaire d'écologie. Deuxième édition. Hachette, Paris. 300 p

Damman, A.W.H. 1963. A reconnaissance survey of the ecological conditions in the forest of the Roddicton area, Newfoundland. Can. Dep. For. Mimeo 63-N-1. 101 p.

Damman, A.W.H. 1964. Some forest types of central Newfoundland and their relationship to environmental factors. For. Sci. Monogr. No. 8. 62 p.

Damman, A.W.H. 1967. The forest vegetation of western Newfoundland and site degradation associated with vegetation change. Thèse de doctorat, Univ. Michigan, Ann Arbor, MI. 319 p.

Damman, A.W.H. 1983. An ecological subdivision of the island of Newfoundland. Monogr. Biol. 48:163–206. *In* G.R. South, éd. Biogeography and ecology of the Island of Newfoundland. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

Dansereau, P. 1957. Biogeography: An Ecological Perspective. Ronald, New York, NY. 394 p.

Dansereau, P. 1959. Phytogeographia Laurentiana. I. The principal plant associations of the Saint-Lawrence Valley. Institut de Botanique de l'Université de Montréal, Montréal, QC. Contr. No. 75. 145 p.

Dansereau, P. 1972. Biogéographie dynamique du Québec. Pages 74–110 *in* F. Grenier, éd. Études sur la géographie du Canada : Québec. University of Toronto Press, Toronto, ON.

Daubenmire, R.F. 1952. Forest vegetation of northern Idaho and adjacent Washington, and its bearing on concepts of vegetation classification. Ecol. Monogr. 22:301–330.

Day, J.C.; Roff, J.C. 1999. Planning for Representative Marine Protected Areas: A Framework for Canada's Oceans. Rapport préparé pour le Fonds mondial pour la nature-Canada, Toronto, ON.

Delong, C.; MacKinnon, A.; Lang, L. 1990. A field guide for site identification and interpretation for the Northeast Portion of the Prince George Forest Region. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 22. 108 p.

Delong, C.; Tanner, D.; Jull, M.J. 1993. A field guide for site identification and interpretation for the Southwest Portion of the Prince George Forest Region. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 24. 290 p.

Delong, C.; Tanner, D.; Jull, M.J. 1994. A field guide for site identification and interpretation for the Rockies Portion of the Prince George Forest Region. B.C. Min. For.,Victoria, BC. Land Management Handbook 29. 141 p.

Demarchi, D.A. 1988. Ecoregions of British Columbia. B.C. Min. Environ., Wildl. Br., Victoria, BC. Carte au 1:2 000 000.

Demarchi, D.A. 1991. Ecoregion classification. Pages 29–31 *in* Ecosystems of British Columbia. B.C. Min. For., Res. Br.

Dimo, M.S.; Keller, B.A. 1907. [En zone semi-désertique. Recherche pédologique et botanique dans le sud du comté de Tsaritsyn, dans la province de Saratov]. Saratov, Russie. (En russe)

Dokuchaev, V.V. 1883. Russkij chernozem [Chernozem russe]. Saint-Pétersbourg, Russie. 310 p. (En russe)

Ducruc, J.-P.; Li, T.; Bissonnette, J. 1995. Small-scale ecological mapping of Quebec: Natural provinces and regions (cartographic delimitation). Pages 45–53 *in* G. Domon et J. Falardeau, éd. Landscape ecology in land use planning methods and practice = Méthodes et réalisations de l'écologie du paysage pour l'aménagement du territoire. Polyscience Publications, Montréal, QC.

Dunnel, R.C. 1994. Systematics in Prehistory. Site internet : http://www.anthro.washington.edu/Faculty/FacultyPages/dunnell/BOOK/book.html.

Du Rietz, G.E. 1921. Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. [Méthodologie de base de la phytosociologie moderne]. Acad. Abhandl., Uppsala, Holzhausen, Wien. 267 p. (En allemand)

Du Rietz, G.E. 1930. Classification and nomenclature of vegetation. Sven. Bot. Tidskr. 24:489–503.

Dylis N.V. 1969. [Structure de biogéocénose forestière]. Nauka, Leningrad. (En russe)

Ecological Stratification Working Group. 1993. Ecoregions of Canada. Agric. Agri-Food Can., Res. Br., Cent. Land Biol. Res., Environ. Can., State Environ. Rep., Ottawa, ON.

Edlund S. 1991. Vegetation. *In* Resource description and analysis—Ellesmere Island National Park Reserve. Dep. Can. Heritage, Parks Can., Nat. Resour. Conserv. Sect., Winnipeg, MB. Pages 8-1 à 8-59.

Ellenberg, H.; Mueller-Domboir, D. 1967. Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations on the earth. Ber. Geobot. Inst. Eidg. Tech. Hochsch. Stift. Ruebel Zuer. 37:21–55.

Ellis, J.G.; Clayton, J.S. 1970. Physiographic divisions of the Northern Provincial Forest. Publ. SP3. Saskatchewan Institute of Pedology. Saskatoon, SK.

FGDC (Federal Geographic Data Committee), Vegetation Subcommittee. 1997. National Vegetation Classification Standard. FGDC-STD-005. FGDC Secretariat, U.S. Geological Survey, Reston, VA. 61 p.

Flahault, C.; Schröter, C. 1910. Rapport sur la nomenclature phytogéographique. [Nomenclature phytogéographique. Rapports et recommandations]. Actes du 3e Congrès international de botanique, Bruxelles. (En allemand)

Florida Natural Areas Inventory. 1998. Natural Communities and Other (Unranked). Site internet : http://www.fnai.org/natcom.htm#MARINE/ESTUARINE.

Fosberg, F.R. 1961. A classification of vegetation for general purposes. Trop. Ecol. 2:1–28.

Franklin, J.F. 1993. Preserving biodiversity: Species, ecosystems or landscapes. Ecol. Appl. 3(2):202–205.

Frey, G.E. 1981. Saskatchewan growth and yield survey field procedures manual. Saskatchewan Nat. Resour., For. Br., Regina, SK.

Glenn-Lewin, D. 1999. ESA Panel on Vegetation Classification (July 1998). Bull. Ecol. Soc. Am. 80:53–55.

Gosselin, J.; Grondin, P.; Saucier, J.-P. 1998. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, Québec, QC. 178 p.

Grandtner, M. M.; Vaucamps, F.V. 1982. Vegetation science and forestry in Canada. Pages 15–45 *in* G. Jahn, éd. Handbook of vegetation science, Part 12. Dr. W. Junk Publishers, La Haye et Boston, MA.

Green, R.N.; Klinka, K. 1994. A field guide to site identification and interpretation for the Vancouver Forest Region. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 285 p.

Greenall, J.A. 1996. Manitoba's terrestrial plant communities. Man. Conserv. Data Cent., Winnipeg, MN. MS Rep. No. 96-02. 32 p.

Groenewoud, H. van. 1984. The climatic regions of New Brunswick: a multivariant analysis of meteorological data. Can. J. For. Res. 14:389–394.

Grondin, P.; Blouin, J.; Bergeron, J.F. 1998. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, Québec, QC. 216 p.

Grossman, D.H.; Faber-Langendoen, D.; Weakley, A.S.; Anderson, M.; Bourgeron, P.; Crawford, R.; Goodin, K.; Landaal, S.; Metzler, K.; Patterson, K.D.; Pyne, M.; Reid, M.; Sneddon, L. 1998. International classification of ecological communities: terrestrial vegetation of the United States. Volume 1. The National Vegetation Classification System: development, status and applications. The Nature Conservancy, Arlington, VA. 126 p.

Grossman, D.H.; Goodin, K.L.; Li, X.; Faber-Langendoen, D.; Anderson, M. 1994. Standardized National Vegetation Classification System. Report prepared by The Nature Conservancy for the National Biological Service. The Nature Conservancy, Arlington, VA.

Groupe de travail du service de la conservation de l'environnement. 1981. Directives des relevés écologiques du territoire en vue d'une analyse des incidences environnementales. Série de la classification écologique du territoire, nº 13. Environnement Canada, Processus fédéral d'évaluation et d'examen en matière d'environnement. Direction générale des terres et Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales. Ottawa, ON. 44 p.

Groupe de travail national sur la végétation. 1990. Le système canadien de classification de la végétation : Première Approximation. Groupe de travail national sur la végétation. Comité canadien de la classification écologique du territoire. W.L. Strong, E.T. Oswald et D.J. Downing, éd. Environnement Canada, Développement durable, Service des politiques du Ministère, Ottawa. ON. Série de la classification écologique du territoire, nº 25. 22 p.

Groupe de travail national sur les terres humides. 1987. Le système de classification des terres humides du Canada. Environnement Canada, Développement durable, Ottawa, ON. Série de la classification écologique du territoire, nº 21. 18 p.

Groupe de travail sur la stratification écologique. 1995. Cadre écologique national pour le Canada. Rapport et carte nationale au 1:7 500 000. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa/Hull. 125 p.

Groupe de travail sur les écorégions, Comité canadien de la classification écologique du territoire. 1989. Écozones terrestres du Canada. Environ. Can., Ottawa, ON. Série de la classification écologique du territoire, No.19.

Hansen, P.L.; Pfister, R.D.; Boggs, K.; Cook, B.J.; Joy, J.; Hunckley, D.K. 1995. Classification and management of Montana's riparian and wetland sites. Montana For. Conserv. Exp. Sta., Univ. Montana, Missoula, MT. MFCES Misc. Publ. No. 54.

Harris, A.G.; McMurray, S.C.; Uhlig, P.W.C.; Jeglum, J.K.; Foster, R.F.; Racey, G.D. 1996. Field guide to the wetland ecosystem classification for northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Northwest Science and Technology Br., Thunder Bay, ON. NWST Field Guide FG-01. 74 p. + app.

Hempel, C.G. 1964. Aspects of scientific explanation. The Free Press, New York, NY. Collier–Macmillan Limited, Londres.

Hills, G.A. 1952. The classification and evaluation of site for forestry. Ont. Dep. Lands For., Res. Rep. No. 24. 41 p.

Hills, G.A. 1961. The ecological basis for land use planning. Ont. Dep. Lands For., Res. Rep. No. 46. 204 p.

Holdridge, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science, New York, NY. 105:367–68.

Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Rev. ed. Tropical Science Center, San Jose, CA. 206 p.

Holthus, F.P.; Maragos, J.E. 1995. Marine ecosystem classification for the tropical island Pacific. Pages 239-278 *in* J.E. Maragos, M.N.A. Peterson, L.G. Eldridge, J.E. Bardach et H.F. Takeuchi, éd. Marine and coastal biodiversity in the tropical island Pacific area.. Vol. 1. Species systematics and information management priorities. East-West Center, Ocean Policy Institute and Pacific Island Association, Honolulu, HI.

Humboldt, A. von. 1807. Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer. [Concepts de phytogéographie accompagnés d'une description naturelle des régions tropicales]. Gotta, Tübingen, Allemagne. 182 p. (En allemand)

Ironside, G.R. 1989. Comité canadien de la classification écologique du territoire : réalisations (de 1976-1989) et plan à long terme. Environnement Canada, Développement durable, Secrétariat du CCCET, Division de la recherche sur les applications écologiques. Ottawa, ON.

Ironside, G.R. 1991. Relevé écologique du territoire : historique et orientation générale. *In* H.A. Stelfox, G.R. Ironside et J.L. Kansas, éd. Lignes directrices pour l'intégration des évaluations de la faune et de l'habitat au relevé écologique du territoire. Habitat faunique Canada et Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa, ON. 107 p.

Isachenko, B.P. 1970. [Régionalisation naturelle de l'URSS]. Acad. de science d'URSS, Moscou. (En russe)

Jeglum, J.K.; Boissoneau, A.N.; Haavisto, V.F. 1974. Toward a wetland classification for Ontario. Environ. Can., Can. For. Serv., Inf. Rep. O-X-215. Sault Ste. Marie, ON. 54 p.

Jennings, M.D. 1993. Natural terrestrial cover classification: assumptions and definitions. GAP Analysis Tech. Bull. 2. U.S. Fish Wildl. Serv., Idaho Coop. Fish Wildl. Res. Unit, Univ. Idaho, Moscow, ID.

Jones, R.K.; Pierpoint, G.; Wickware, G.M; Jeglum, J.K.; Arnup, R.W.; Bowles, J.M. 1983. Field guide to forest ecosystem classification for the Clay Belt, Hill's Site Region 3E. Ont. Min. Nat. Resour., Toronto, ON. 161 p.

Keller, B.A. 1909. Stepnye, polupustynnye I pystynnye formatsii. Pages 7–17 *in* Predvaritel'nye programmy botaniko-geographicheskih issledovanij. [Formations de prairies et de zones semi-désertiques et désertiques]. *In* Programme préliminaire d'études botanico–géographiques. Petrograd Univ., Petrograd. (En russe)

Keys, Jr., J.; Carpenter, C.; Hooks, S.; Koenig, F.; McNab, W.H.; Russell, W.E.; Smith, M.L. 1995. Ecological units of the Eastern United States—first approximation (carte et livret contenant des tableaux des unités cartographiques). Échelle : 1:3 500 000. USDA For. Serv., Atlanta, GA.

King, D.I.; Griffin, C.R.; Champlin, P.J.; Champlin, T.B. 2000. An evaluation of the use of the nature conservancy vegetation classification for mapping bird distribution at Chincoteague national wildlife refuge. Natural Areas Journal. Vol. 20 (Jan.).

Kliopov, Yu. D. 1990. [Analyse de la flore de forêts feuillues dans la partie européenne de l'URSS]. Naukova dumka, Kiev. 531 p. (En russe)

Köppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde. [Aperçu de climatologie]. Walter de Gruyter, Berlin. (En allemand)

Korotkov, K.O.; Morozova, O.V.; Belonovskaja, E.A. 1991. The USSR vegetation syntaxa prodromus. Dr. Gregory E. Vilchek, Moscou.

Krajina, V.J. 1959. Biogeoclimatic zones in British Columbia. Univ. British Columbia, Vancouver, BC. Bot. Ser. 1:1–47.

Krajina, V.J. 1960. Can we find a common platform for the different schools of forest type classifications? Silva Fenn. 105:50–55.

Krajina, V.J. 1965. Biogeoclimatic zones and classification of British Columbia. Dep. Botany, Univ. British Columbia, Vancouver, BC. Ecology of Western North America 1:1–17.

Krajina, V.J. 1969. Ecology of forest trees in British Columbia. Dep. Botany, Univ. British Columbia, Vancouver, BC. Ecology of Western North America 2(1):1–146.

Küchler, A.W. 1964. Potential natural vegetation of the conterminus United States. Am. Geogr. Soc. Spec. Publ. 36. New York, NY.

Lavrenko, E.M.; Sochava, V.B. 1954. Geobotanicheskaja karta SSSR. 1:4M. [Carte géobotanique de l'URSS]. Acad. Nauk. SSSR. (En russe)

Lavrenko, E.M.; Sochava, V.B. 1956. Descriptio Vegetationis URSS. [Description de la végétation en URSS]. USSR Acad. Sci. 971 p. (En russe)

Lee, H.T.; Bakowsky, W.D.; Riley, J.; Bowles, J.; Puddister, M.; Uhlis, P.; McMurray, S. 1998. Ecological Land Classification for Southern Ontario: First Approximation and Its Application. Ont. Min. Nat. Resour., Southern Sect. Br., Sci. Dev. Transfer Br., North Bay, ON. SCSS Field Guide FG-02.

LeSauteur, D.; Savoie, A. 1980. Ecological inventories in national parks: concept and methodology. Parks Canada. 193 p.

Levin, S.A. 1981. The problem of pattern and scale in ecology. Ecology 73:1942–1968.

Li, T., Bissonnette, J.; Ducruc, J.-P.; Gerardin, V.; Couillard, L.; Lachance, Y. 1994. Le cadre écologique de référence du Québec: les Régions naturelles. Présentation générale. Min. de l'Environnement et de la Faune du Québec, Québec, QC. 20 p.

Linteau, A. 1959. Classification des stations forestières de la section des conifères du Nord-Est, région forestière boréale du Québec. Min. du Nord can. Bull. n° 118.

Lloyd, D.; Angove, K.; Hope, G.; Thompson, C. 1990a. A field guide for site identification and interpretation for the Kamloops

Forest Region—Part 1. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 23. 192 p.

Lloyd, D.; Angove, K.; Hope, G.; Thompson, C. 1990b. A field guide for site identification and interpretation for the Kamloops Forest Region—Part 2. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 23. p.193–399.

Loucks, O. 1996. 100 years after Cowles: a national classification for vegetation. Bull. Ecol. Soc. Am. 77:75–76.

Lowe, J.J.; Power, K.; Marsan, M.W. 1996. Inventaire des forêts du Canada 1991: sommaire par écorégion et par écozone terrestres. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria, BC. Rapport d'information BC-X-364F. 54 p.

Lund, G. 1997. New US vegetation classification and information standard. Newsletter of the European Forest Institute 10. Joensuu, Finlande. Site Internet : <http://www.metla.fi/archive/forest/1997/10/msg00193.html>

McCarthy, T.G.; Arnup, R.W.; Nieppola, J.; Merchant, B.G.; Taylor, K.C.; Parton, W.J. 1994. Field Guide to Forest Ecosystems of Northeastern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., North Bay, ON. NEST Field Guide FG-001. 218 p.

McNab, W.H.; Avers, P.H., éd.1994. Ecological subregions of the United States: section description. USDA For. Serv. Admin. Publ. WOWSA-5, Washington, D.C.

Meades, B.; Baldwin, K.; Hendrickson, O.; Sims, R. 1998. Strategy for the development of a forest ecosystem classification of Canada. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, ON. Rapport non publié.

Meades, W.J. 1986. Successional status of ericaceous dwarfshrub hearth in eastern Newfoundland. Thèse de doctorat, Univ. Connecticut, Storrs, CT. 355 p.

Meades, W.J.; Moores, L. 1989. Forest site classification manual: a field guide to the Damman forest types of Newfoundland. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv. and Newfoundland Dep. For. Agric. FRDA Report 003.

Meidinger, D.; Pojar, J. 1991. Ecosystems of British Columbia. B.C. Min. For. Spec. Rep. No. 6. 330 p.

Millar, J.B. 1976. Wetland classification in western Canada. Environ. Can., Can. Wildl. Serv., Rep. Ser. No. 37. Saskatoon, SK. 38 p.

Mirkin, B.M.; Korotkov, K.O.; Naumova, L.G.; Saitov, M.S.; Solomesc, A.I. 1988. [Prodrome préliminaire de la végétation de l'URSS. II. Prairies à glycophytes, communautés de hautes montagnes et steppe]. Institut national de l'information scientifique et technique VINITI, Moscou. Man. N 6914-V88. 23 p. (En russe)

Morozov, G.F. 1912. Uchenie o lese. Vvedenie v lesnuyu biologiju. [Science forestière. Introduction à la biologie forestière]. Saint-Pétersbourg, Russie. 83 p. (En russe)

Mosquin, T.; Whiting, P.G.; McAllister, D.E. 1995. La biodiversité du Canada : état actuel, avantages économiques, coûts de conservation et besoins non satisfaits. Musée canadien de la nature, Ottawa, ON. 293 p.

Mucina, L.; Rodwell, J.S.; Schaminee, J.H.J.; Dierschke, H. 1993. European vegetation survey: current state of some national programs. J. Veg. Sci. 4:429–438.

Nakamura, Y.; Grandter, M.M. 1994. A comparative study of the alpine vegetation of Eastern North America and Japan. Pages 335–347 *in* A. Miyawaki, K. K. Iwatsuki et M.M. Grandtner, éd. Vegetation in Eastern North America. University of Tokyo Press, Tokyo, Japon.

National Wetlands Working Group. 1986. Canada's Wetlands. (a) Canada—Wetlands regions. (b) Canada—Wetland Distribution. Map folio. Environ. Can., Energy, Mines Resour. Can., Ottawa, ON.

Nelson P.W. 1985. The terrestrial natural communities of Missouri. Missouri Dep. Nat. Resour., Jefferson City, MO.

Nieppola, J.; Merchant, B.G.; Arnup, R.W.; McCarthy, T.G. 1993. The development of a forest ecosystem classification for northeastern Ontario. Vol. 3. The forest site classification. Ont. Min. Nat. Resour., Northeast Science and Technology Br., Timmins, ON. TR-007 195 p.

Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. Conserv. Biol. 4:355–364.

Omernik, J.M. 1987. Ecoregions of the conterminous United States. Ann. Assoc. Am. Geogr. 77:118–125.

Peinado, M.; Alcaraz, F.; Delgadillo, J.; Aguirre, J.L.; Alvarez, J; de la Cruz, J. 1994. The coastal salt marshes of California and Baja California: phytosociological typology and zonation. Vegetatio 110:55–66.

Pignatti, S. 1990. Towards a prodrome of plant communities. J. Veg. Sci. 1:425–426.

Pogrebnyak, P.S. (Pogrebnjak, P.S.) 1929. Über die Methodik der Standortsuntersuchungen in Verbreitung mit Waldtypen. [Méthodologie des recherches sur les stations en liaison avec les types forestiers]. Verh. II Int. Kongr. Forstl. Versuchanstalten. (En allemand)

Pojar, J.; Klinka, K.; Meidinger, D. 1987. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia. For. Ecol. Manage. 22:119–154.

Post, H. von. 1851. Om vextgeografika skildringer. [Observations phytogéographiques]. Bot. Not. 1851:110–127, 161–187. (En suédois)

Racey, G.D.; Harris, A.G.; Jeglum, J.K.; Foster, R.F.; Wickware, G.M. 1996. Terrestrial and wetland ecosites of northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Northwest Science and Technology Br., Thunder Bay, ON. 94 p.+app.

Racey, G.D.; Whitfield, T.S.; Sims, R.A. 1989. Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations. Ont. Min. Nat. Resour., Thunder Bay, ON. NWOFTDU Tech. Rep. 46. 90 p.

Ramensky, L.G. 1910. Sravnitel'nyj metod ekologicheskogo izucheniz rastitel'nyh soobshestv. [La méthode comparative

pour l'étude écologique des communautés végétales]. Dnev. S'ezda Estestvoisp. Vrach. [Actes de congrès scientifique national], Moscou. 12(4):389–390. (En russe)

Ramensky, L.G. 1925. Osnovnye printsypy rastitelnogo pokrova I ego izuchenie na osnovanii geobotanicheskih issledovanij v Voronezhskoj oblasti. [Principes de base du couvert végétal et leur étude à partir d'enquêtes géobotaniques dans la province de Voronezh]. Voronezh, Russie. 37 p. (En russe)

Ramensky, L.G. 1952. [De certains problèmes fondamentaux de la géobotanique moderne]. Bot. Zh. (Leningr.) 37(2):181–202. (En russe)

Reschke C. 1990. Ecological communities of New York state. New York Natural Heritage Program. New York State Dep. Environ. Conserv., Latham, NY. 96 p.

Robitaille, A.; Saucier, J.-P. 1996. Land districts, ecophysiographic units and areas: the landscape mapping of the Ministère des Ressources naturelles du Québec. Environ. Monit. Assess. 39(1-3):127–148.

Robitaille, A.; Saucier, J.-P. 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Publications du Québec, Québec, QC. Carte au 1:1 250 000. 213 p.

Rodwell, J.S.; Pignatti, S.; Mucina, L.; Schaminée, J.H.J. 1995. European Vegetation Survey: Update on Progress. J. Veg. Sci. 6:759–762.

Rowe, J.S. 1972. Les régions forestières du Canada. Environnement Canada, Service canadien des forêts, Ottawa, ON. Publication n° 1300f. 172 p.

Rübel, E. 1930. Pflanzengesellschaften der Erde. [Communautés végétales de la terre]. Huber, Bern-Berlin. 464 p. (En allemand)

Saucier, J.-P.; Bergeron, J.-F.; Grondin, P.; Robitaille, A. 1998a. Les régions écologiques du Québec méridional (3e Version) : un des éléments du système hierarchique de classification écologique du territoire mis au point par le Ministère des Ressources naturelles du Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Supplément de l'Aubelle. 12 p.

Saucier, J.-P., Bergeron, J.-F.; Grondin, P.; Robitaille, A. 1998b. The Land Regions of Southern Quebec (3ième version): One element in the Hierarchical Land Classification System developed by Quebec Ministère des Ressources naturelles. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Supplément de l'Aubelle. 21 p.

Saucier, J.-P.; Robert, D. 1995. Présentation du programme de connaissance des écosystèmes forestiers du Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rev. For. Fr. (Nancy) XLVII(1):71-74.

Schafale, M.P.: Weakley., A.S. 1990. Classification of natural communities of North Carolina: third approximation. North Carolina Dep. Environ., Health Nat. Resour., Division of State Parks and Recreation, Natural Heritage Program, Raleigh, NC.

Schimper, A.F.W; von Faber, F.G. 1935. Pflanzengeographie auf Pflanzengesellschaften . [Phytogéographie des communautés végétales]. Handb. Biol. Arb. Meth. 11(5):77–164. (En allemand)

Scott, G. 1995. Canada's vegetation: a world perspective. McGill University Press, Montréal, QC, et Queen's University Press, Kingston, ON.

Scott, J.M.; Davis, F.; Csuti, B.; Noss, R.; Butterfield, B.; Groves, C.; Anderson, H.; Caicco, S.; D'Erchia, F.; Edwards, Jr., T.C.; Ullman, J.; Wright, R.G. 1993. Gap analysis: protecting biodiversity using geographic information systems. Wildl. Monogr.123.

Sims, R.A.; Corns, I.G.W.; Klinka, K. 1996. Global to local—ecological land classification. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas. 610 p.

Sims, R.A.; Towill, W.D.; Baldwin, K.A.; Wickware, G.M. 1989. Forest ecosystem classification for northwestern Ontario. Ont. Min. Nat. Resour., Thunder Bay, ON. Northwest. Ont. For. Tech. Dev. Unit. 191 p.

Sobovev L.N.; Utechin, V.D. 1973. Russian (Ramensky) approach to community systematization. Ordination and classification of communities. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

Steen, O.A.; Coupe, R.A. 1997a. A field guide to forest site identification and interpretation for the Cariboo Forest Region—Part 1. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 39.

Steen, O.A.; Coupe, R.A. 1997b. A field guide to forest site identification and interpretation for the Cariboo Forest Region—Part 2. B.C. Min. For., Victoria, BC. Land Management Handbook 39.

Strong, W.L.; Leggat, K.R. 1981. Ecoregions of Alberta. Alberta Energy Nat. Resour. Tech. Rep. T/4: 64 p. + carte.

Sukachev, V.N. 1910. O rastitel'nyh formatsijah. [Des formations générales]. Dnev. S'ezda russk. Estestvoisp. I Vrach. [Actes de congrès scientifique national], Moscou. 12 (2):150. (En russe)

Sukachev, V.N. 1915. Vvedenie v nauku orastitel'nyh soobshchestvah. [Introduction à la science des communautés végétales]. Izd. Panafidinoi, Petrograd, Russie. 127 p. (En russe)

Sukachev, V.N. 1944. Printsypy genetichskoj klassificatsii v biogeotsenologii. [Principes de la classification génétique en biogéocénologie]. Moscou. Zh. Obshch. Biol. 5(4):213-227. (En russe)

Sukachev, V.N. 1945. Biogeotsenologija I fitotsenologia. [Biogéocénologie et phytocénologie]. Dokl. Akad. Nauk. SSSR 47(6):447–449. (En russe)

Sukachev, V.N. 1960. The correlation between the concept "forest ecosystem" and "forest biogeocoenose" and their importance for the classification of forests. Silva Fenn. 103:94–97.

Sukachev, V. N.; Dylis, D.V. 1964. Osnovy lesnoy biogeotsenologii. [Fondements de la biogéocénologie forestière]. Nauka, Moscou. (En russe)

Tansley A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology 16:284–307.

Traas, H.; Malmer, N. 1973. North European approaches to classification. Pages 529–574 *in* Ordination and Classification of Communities. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

Tupikova N.V.; Komarova, L.V. 1980. Printsipy I metody zoologicheskogo kartirovanija. [Principes et méthodes de cartographie zoologique]. Univ. de Moscou, Moscou. (En russe)

Uhlig, P.W.C.; Baker, J. 1994. Provincial ecological land classification program prospectus. Ont. Min. Nat. Resour., Ont. For. Res. Inst., Sault Ste. Marie, ON. For. Res. Inf. Pap. No. 112. 16 p.

UNESCO. 1973. International classification and mapping of vegetation = Classification internationale et cartographie de la végétation. Série 6. Écologie et conservation. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris.

US Federal Geographic Data Committee, Vegetation Subcommittee. 1997. Vegetation Classification Standard. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, VA.

Viereck, L.A.; Dyrness, C.T.; Batten, A.R.; Wenzlick, K.J. 1992. The Alaska Vegetation Classification. USDA For. Serv., Pac. Northwest Res. Sta., Alaska. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-286. 278 p.

Vorobyev, D.V. 1953. Tipy lesa Evropejskoj chasti SSSR. [Types forestiers de la partie européenne de l'URSS]. Izd. AN USSR. 450 p. Kiev. (En russe)

Vorobyev, D.V. 1960. The experience of typological classification of the USSR forests . Communications pour le 5e Congrès forestier mondial. Académie de science d'URSS. Moscou.

Vysotsky G.N. 1909. [Les cartes phyto-topologiques, leurs méthodes de production et leur valeur pratique]. Pochvovedenie 11(2):97–124. (En russe)

Walker, M.D.; Walker, D.A.; Auerbach, N.A. 1994. Plant communities of a tussock tundra landscape in the Brook Range Foothills. J. Veg. Sci. 5:843–866.

Walter, H. 1968. Die Vegetation der Erde [La végétation de la terre]. Vol. II. Fisher, Jena and Stuttgart, Allemagne. 1001 p. (En allemand)

Weaver, J.E.; Clements, F.E. 1929. Plant ecology. McGraw-Hill, New York, NY. 520 p.

Welch, D.M. 1978. A Review of Water Classifications and Proposals for Water Integration into Ecological Land Classification. Environ. Can., Ecol. Land Class. Ser. No. 5.

Wells, E.D. 1996. Classification of peatland vegetation in Atlantic Canada. J. Veg. Sci. 7:847–878.

Westhoff, V.; van der Maarel, E. 1980. The Braun-Blanquet approach. Pages 287–399 *in* R.H. Whittaker, éd. Classification of plant communities. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

White, J.; Madany, M. 1978. Natural areas inventory technical report. Volume 1. Survey methods and results. Illinois Natural Areas Inventory, Urbana, IL.

Whittaker, R.H. 1951. A criticism of the plant association and climatic climax concepts. Northwest Sci. 25:17–31

Whittaker, R.H. 1962. Classification of natural communities. Bot. Rev. 28:1–239.

Whittaker, R.H. 1973a. Approaches to Classifying Vegetation. Pages 323–354 *in* Ordination and Classification of Communities. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

Whittaker, R.H., éd. 1973b. Ordination and classification of communities. Partie V of R. Tuxen, (éd.) Handbook of vegetation science. Dr. W. Junk Publishers, La Haye.

Wiken, E.B., compilateur. 1986. Écozones terrestres du Canada. Environnement Canada. Hull, QC. Série de la classification écologique du territoire, n° 19. 28 p. + carte.

Wiken, E.B.; Rubec, C.D.A.; Ironside, G. 1993. Canada - Écorégions terrestres. Atlas national du Canada. 5e édition. (MCR 4164). Centre canadien de cartographie, Énergie, Mines et Ressources Canada, et Rapport sur l'état de l'environnement. Environnement Canada, Ottawa, ON. Carte au 1:7 500 000.

Wiken, E.B.; Welch, D.M.; Ironside, G.R.; Taylor, D.G. 1981. The Northern Yukon: an ecological land survey. Environ. Can., Ecol. Land Class. Ser. No. 6. 197 p.

Wilson, E.O. 1992. The Diversity of Life. Belkeys Press of Harvard University, Cambridge, MA.

Zelazny, V.F.; Ng, T.T.M.; Hayter, M.G.; Bowling, C.L.; Bewick, D.A. 1989a. Field guide to forest site classification in New Brunswick, Big Bald-Sevogle site regions. New Brunswick Dep. Nat. Resour. Energy, Fredericton, NB. 43 p.

Zelazny, V.F.; Ng, T.T.M.; Hayter, M.G.; Bowling, C.L.; Bewick, D.A. 1989b. Field guide to forest site classification in New Brunswick, Harvey-Harcourt/Fundy site regions. New Brunswick Dep. Nat. Resour. Energy, Fredericton, NB. 43 p.

Zoladeski, C.A.; Wickware, G.M.; Delorme, R.J; Sims, R.A.; Corns, I.G.W. 1995. Forest ecosystem classification for Manitoba: field guide. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, AB. Spec. Rep. 2. 205 p.

Zoltai, S.C.; Pollett, F.C.; Jeglum, J.K.; Adams, G.D. 1975. Developing a wetland classification for Canada. Pages 497–511, B. Berner and C.H. Winget, éd. *in* Proc. 4th North American Forest Soil Conference. Laval University Press, Québec, QC.